

**Universidad de Valparaíso**  
**Facultad de Ingeniería**  
**Escuela de Ingeniería Civil Industrial**



**Propuesta Metodológica, para el proceso de instalación de colectores solares térmicos  
sobre cubierta, techo o torre en viviendas sociales: Caso región de Valparaíso.**

Por:

**Pablo Esteban Hidalgo Gálvez**

Trabajo de Título para optar al Grado de Licenciado en Ciencias de la Ingeniería y Título de  
Ingeniero Civil Industrial

Prof. Guía Samuel Patricio Varela Carreño

Agosto, 2017.

## **Dedicatoria**

*Al insurgente más admirado Thích Quảng Đức,  
en su día más iluminado el 11 de junio de 1963.*

*Al último suspiro de la vida de Muriel Galvez,  
hecho grabado en mi memoria eternamente.*

*Sin saber de cálculo,  
completé civil.  
Dedicado al ignorante constante.*

## **Agradecimientos**

*A mi familia y mis amigos.*

*A quienes me motivaron por ser Ingeniero Civil Industrial.*

*A toda la serie de eventos desde la gran explosión a la fecha.*

*"Una mente cerrada, es como una prisión en la que el conocimiento  
pasa a ser una visita muy ingrata". A tí, que moriremos juntos.*

## INDICE

Glosario .....	5
Lista de abreviaturas y siglas .....	5
Lista de Ilustraciones.....	7
Índice de ecuaciones .....	9
Resumen.....	10
Abstract .....	11
<b>CAPÍTULO I. Introducción</b> .....	<b>12</b>
1.1 Descripción de la Empresa .....	12
1.1.1 Definición del SERVIU Valparaíso. ....	12
1.1.2 Subsidios SERVIU V Región .....	15
1.1.3 Subsidio para Colector Solar .....	16
1.1.4 Beneficiarios del subsidio .....	16
1.1.5 Beneficio Tributario (Ley 20.365) .....	17
1.1.6 Vivienda y Condominio Social .....	17
1.2 Sistemas solares Térmicos .....	19
1.2.1 Colectores solares Térmicos.....	20
1.2.1.1 Colector Solar Plano.....	20
1.2.1.2 Colector Solar de tubo vacío .....	21
1.2.1.3 Movimiento del fluido.....	23
1.2.1.4 Estructura de soporte de SST .....	23
1.2.1.5 Consumo de agua caliente en viviendas.....	24
1.3 Identificación del Problema .....	25
1.4 Oportunidades de Mejora .....	29
1.5 Actual funcionamiento del proceso de instalación de SST .....	30
1.6 Objetivos del proyecto .....	31
1.7 Alcances y limitaciones.....	31
1.8 Metodología para la propuesta de solución.....	32
<b>CAPÍTULO II. Marco Teórico</b> .....	<b>34</b>
2.1 Política de Subsidios. ....	34
2.2 Marco Legal .....	35

2.3	Situación actual .....	37
2.4	Definiciones fundamentales .....	37
2.4.1	Procesos.....	38
2.4.2	Gestión de procesos.....	38
2.4.3	Control de procesos.....	40
2.4.4	Control de gestión operacional.....	41
2.4.5	Indicadores de gestión.....	41
2.5	Herramientas de análisis de información .....	42
2.5.1	Diagrama de correlación o de ISHIKAWA .....	42
2.5.2	Hoja de recogida de datos .....	43
2.6	Metodologías para la mejora de procesos.....	44
2.6.1	Análisis Modal de Fallos y Efectos.....	45
2.6.2	Gestión de la calidad total.....	45
2.7	Herramienta para documentación de proceso.....	46
2.7.1	Microsoft Office Visio.....	47
2.7.2	Microsoft Office Word.....	47
2.7.3	Bizagi.....	47
2.7.4	Sketchup.....	47
2.8	Conocimientos aplicados de la ingeniería.....	48
2.8.1	Resistencia de los materiales.....	48
2.8.2	Mecánica de fluidos .....	48
<b>CAPÍTULO III. Desarrollo del Trabajo de Título.....</b>		<b>49</b>
3.1	Levantamiento de la situación actual.....	49
3.1.1	Descripción del proceso de habilitación para instalación de CST.....	49
3.1.1.1	Proceso de Postulación de proyectos de CST .....	49
3.1.1.2	Responsabilidad de las PSAT: .....	51
3.2	Etapas de presentación de antecedentes del proyecto.....	52
3.2.1	Antecedentes generales y económicos .....	53
3.2.2	Formato de Presentación de Proyectos.....	53
3.3	Actual funcionamiento según antecedentes técnicos .....	53
3.3.1	Funcionamiento del SST según norma.....	55
3.4	Condiciones de arquitectura y diseño de CST.....	57

3.4.1	Arquitectura:.....	57
3.4.2	Diseño de la vivienda .....	57
3.4.3	Factores para la optimización energética .....	58
3.4.4	Necesidades de operación y mantención.....	58
3.4.5	Criterios de accesibilidad .....	58
3.4.6	Descripción del Colector Solar.....	59
3.5	Obras de instalación en terreno .....	64
3.6	Inspección y recepción de obras de SST .....	65
3.6.1	Procedimiento de inspección:.....	65
3.6.2	Procedimiento de recepción de obras de SST: .....	65
3.7	Modelamiento de la situación actual .....	66
3.7.1	Evaluación de la situación actual .....	67
3.7.2	Validación de la situación actual.....	74
3.7.3	Beneficios y costos de la situación actual .....	77
3.8	Oportunidades de mejora por proceso.....	79
<b>Capítulo IV. Propuestas de solución.....</b>		<b>83</b>
4.1	Propuestas de solución por ítem.....	83
4.2	Modelamiento de la situación propuesta .....	95
4.3	Evaluación de la propuesta.....	96
<b>Capítulo V. Análisis de resultados.....</b>		<b>99</b>
5.1	Comparación de situación actual y propuesta .....	99
<b>Capítulo VI. Conclusiones y recomendaciones .....</b>		<b>101</b>
Bibliografía .....		103
ANEXOS.....		105

## Glosario

Absorbedor:	Como se denomina según el manual de sistemas solares térmicos, al captador de radiación solar, del sistema solare térmico. Esta palabra no es aceptada por la RAE, al momento de esa publicación.
Azimut:	Ángulo que forma el meridiano con el círculo vertical que pasa por un punto de la esfera celeste o del globo terráqueo.
Fluido caloportador:	Fluido que circula por el circuito del SST, que transmite energía calórica al agua caliente sanitaria sin tener contacto directo con ella.
Quintil de Vulnerabilidad:	Es una clasificación de los ingresos del hogar, que se obtienen del ordenamiento de los hogares encuestados con Ficha de Protección Social, desde menor a mayor puntaje, agrupados en 5 tramos de igual tamaño.

## Lista de abreviaturas y siglas

ACS:	Agua Caliente Sanitaria
AT preselección:	asistencia técnica de preselección
CER:	Centro de Energía Renovable
CSM:	Contribución solar mínima
CST:	Colecto Solar Térmico
DOM:	Dirección de obras municipales
EGIS:	Entidades de gestión inmobiliaria Social.
FPS:	Ficha de protección social
FSV:	Fondo solidario de vivienda
HH:	Horas Hombre, para mano de obra.
I.T.:	Itemizado técnico de SERVIU.
ITO:	Inspector Técnico de Obra
MINVU:	Ministerio de Vivienda y Urbanismo
PHS:	Plan de habilitación social
PPPF:	Programa de Protección del Patrimonio Familiar (3PF).
PSAT:	Prestadora de servicios de asistencia técnica
SAA:	Sistema de aporte auxiliar
SERVIU:	Servicio de Vivienda y Urbanismo
S.R.:	Subsidio Rural
SST:	Sistema solar térmico

### Lista de Tablas

Tabla 1 Tabla de Presupuesto desagregado de SERVIU Valparaíso, con información de la cuenta pública SERVIU 2014 y Cuenta Pública SERVIU 2014-2017.....	14
Tabla 2 Consumo diario de ACS por persona, por tipo de vivienda.....	24
Tabla 3 Tabla de número de dormitorios según número de habitantes.....	24
Tabla 4 Consumo agua en Litros, tipo de vivienda y n° de dormitorios.....	25
Tabla 5 Montos Máximos de Subsidio.....	36
Tabla 6 Tramos de zona geográfica para aplicación de subsidios.....	36
Tabla 7 Montos de boleta en garantía y beneficiarios PSAT.....	51
Tabla 8 cuadro de monto expresado en UF para subsidio título I PPPF.....	52
Tabla 9 Resumen de los resultados del levantamiento, situación actual.....	75
Tabla 10 Subsidio en UF de SERVIU por proyecto y tramo.....	78
Tabla 11 Costos de instalación de CST.....	79
Tabla 12 Tabla de clasificación de las construcciones.....	84
Tabla 13 Resumen de los resultados de propuesta al levantamiento, situación actual.....	97
Tabla 14 Resume de propuesta versus situación actual.....	100
Tabla 15 Listado de empresas EGIS y PSAT habilitadas por SERVIU V región.....	116
Tabla 16 Ahorro de CST vs Distintos combustibles y recuperación de la inversión.....	120
Tabla 17 Visión general del recurso en el Norte Grande de Chile y aspectos técnicos para el diseño y operación de grandes plantas – Fundación Chile.....	122
Tabla 18 Promedio mensual de energía sumada sobre todas las horas del día, Valparaíso.....	123
Tabla 19 Antecedentes a presentar en proyectos SERVIU.....	127
Tabla 20 Carpeta de proyectos, antecedentes a presentar para banco de proyectos.....	127
Tabla 21 Caratula de proyectos a presentar en SERVIU.....	128
Tabla 22 Precios de Colectores Solares SERVIU.....	129
Tabla 23 Simbología de BPMN Bizagi.....	129

## Lista de Ilustraciones

Ilustración 1 Grafico de presupuesto SERVIU Valparaíso, con información de la cuenta pública SERVIU 2014 y Cuenta Pública SERVIU 2014-2017. ....	14
Ilustración 2 Diagrama proceso de postulación de proyectos en el marco del PPPF .....	15
Ilustración 3 Vivienda Social, Región Metropolitana. ....	18
Ilustración 4 Viviendas sociales, instaladas en Cerros de Valparaíso. ....	18
Ilustración 5 Vivienda Social Cerro Monjas, en riesgo de derrumbe. ....	18
Ilustración 6 Diagrama de instalación de sistema solar térmico en vivienda. ....	19
Ilustración 7 Diseños de absorbente en CST, placa plana. ....	20
Ilustración 8 CST Protegido, piezas y componentes de colector solar plano. ....	21
Ilustración 9 Diseño de colector de tubos de vacío para CST. ....	22
Ilustración 10 Componentes del colector solar de tubo de vacío .....	23
Ilustración 11 Angulo $\alpha$ de inclinación de CST. ....	27
Ilustración 12 Angulo $\beta$ de inclinación de CST. ....	27
Ilustración 13 Diagrama de Ishikawa, instalación de SST. ....	28
Ilustración 14 Metodología para el desarrollo de propuesta de solución .....	33
Ilustración 15 Campo de subsidios para Eficiencia Energética. ....	34
Ilustración 16 Diagrama proceso de postulación - Informe final PPPF MINVU. ....	35
Ilustración 17 Ciclo de BPM Operacional. ....	39
Ilustración 18 Estructura de elaboración del diagrama de correlación o Ishikawa. ....	42
Ilustración 19 hoja de recogida de datos cuantificables. Ejemplo. ....	43
Ilustración 20 Hoja de recogida de datos por defecto. Ejemplo. ....	44
Ilustración 21 Diagrama de proceso de mejora continua. ....	44
Ilustración 22 Instalación básica del CST y sus componentes de instalación. ....	55
Ilustración 23 Partes de los colectores, en su forma básica. ....	56
Ilustración 24 Diseño de construcción del estanque acumulador. ....	60
Ilustración 25 Sistema solar térmico con flujo directo. ....	61
Ilustración 26 Sistema solar térmico con flujo indirecto. ....	61
Ilustración 27 Modelo básico de estructura de soporte para CST. ....	62
Ilustración 28 Aislamiento térmico de tuberías de CST. ....	63
Ilustración 29 Proceso de formación de Entidades patrocinantes, según información MINVU. ....	66
Ilustración 30 Proceso de formulación de proyecto de instalación de SST. ....	67
Ilustración 31 Proceso global de proyectos con subsidio MINVU. ....	67
Ilustración 32 Imagen de instalación de CST. Diferencia de sombras. ....	70
Ilustración 33 CST instalado sobre vivienda, afectando la estética solicitada en Itemizado. ....	71
Ilustración 34 Instalación de CST adecuado al cerro en Valparaíso. ....	72
Ilustración 35 Simulación de vivienda soportando carga de colector correctamente. ....	86
Ilustración 36 simulación de vivienda que no soporta carga, con soporte. ....	86
Ilustración 37 Perfil de sujeción de Estructura de soporte de CST. ....	87
Ilustración 38 Simulación de vista superior de SST con perfil de apoyo. ....	87
Ilustración 39 Simulación de vista inferior de SST con perfil de apoyo. ....	88

Ilustración 40 Simulación vista lateral inferior de SST con perfil de apoyo.....	88
Ilustración 41 Diagrama de cuerpo libre, para viga de CST. ....	89
Ilustración 42 Diagrama de fuerzas en acción en viga.....	90
Ilustración 43 Diagrama considerando Torques en acción en viga.....	91
Ilustración 44 Diagrama de cargas y momentos. CST 160 Litros.....	92
Ilustración 45 Diagrama considerando Torques en acción en viga.....	92
Ilustración 46 Diagrama de cargas y momentos. CST 250 Litros.....	93
Ilustración 47 Diagrama de Columnas, pandeo por carga excéntrica. ....	94
Ilustración 48 Propuesta de rediseño de formulación de proyectos PSAT.....	95
Ilustración 49 Modelo de PPPF con propuesta de rediseño. ....	95
Ilustración 50 Perfil tubo cuadrado, con dimensiones.....	98
Ilustración 51 Control de documentación entregada. F01. FORMATO DE DOCUMENTACIÓN ENTREGADA. ....	105
Ilustración 52 Revisión de los antecedentes técnicos del proyecto. F02 – FORMATO DE REVISIÓN DE ANTECEDENTES TÉCNICOS.....	106
Ilustración 53 Cumplimiento de los EETT. F03–FORMATO DE REVISIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LAS EETT. Fuente: Manual de Colectores Solares Térmicos, MINVU. ....	109
Ilustración 54 F04 - FORMATO DE COMPROBACIÓN DE COMPONENTES EN TERRENO. ....	110
Ilustración 55 F05 - FORMATO DE INSPECCIÓN INSTALACIÓN EN TERRENO.....	111
Ilustración 56 F07 – FORMATO DE REGISTRO DE DATOS DE FUNCIONAMIENTO. ....	112
Ilustración 57 Radiación Global Horizontal – Enero.....	117
Ilustración 58 Radiación Global Horizontal - Febrero.....	117
Ilustración 59 Radiación Global Horizontal - Marzo.....	117
Ilustración 60 Radiación Global Horizontal - Abril.....	117
Ilustración 61 Radiación Global Horizontal - Mayo.....	117
Ilustración 62 Radiación Global Horizontal - Junio.....	117
Ilustración 63 Radiación Global Horizontal - Julio.....	117
Ilustración 64 Radiación Global Horizontal - Agosto.....	117
Ilustración 65 Radiación Global Horizontal - Septiembre.....	118
Ilustración 66 Radiación Global Horizontal - Octubre.....	118
Ilustración 67 Radiación Global Horizontal - Noviembre.....	118
Ilustración 68 Radiación Global Horizontal - Diciembre.....	118
Ilustración 69 Simulación de CSM para la región de Valparaíso y ahorro en gas licuado, para SST básico.....	119
Ilustración 70 Imagen del potencial de generación de energía solar mundial - Universidad de YALE.....	121
Ilustración 71 Promedio entre los años 2003 y 2011 de la insolación diaria.....	123
Ilustración 72 Campo de subsidios para Eficiencia Energética.....	125
Ilustración 73 Diagrama proceso de postulación subsidios.....	126

## Índice de ecuaciones

Ecuación 1 Cálculo de Demanda de ACS en vivienda .....	25
Ecuación 2 Espesor mínimo de aislamiento del depósito acumulador.....	60
Ecuación 3 Grosor de Tubería en exterior de la vivienda .....	63
Ecuación 4 Grosor de Tubería en interior de la vivienda.....	63
Ecuación 5 Calculo de distancia entre parte baja y anterior de un SST con obstáculo frontal. ....	64
Ecuación 6 Ecuación de la Fuerza.....	90
Ecuación 7 Ecuación del Momentum.....	90
Ecuación 8 Ecuación de Torque.....	90
Ecuación 9 Equilibrio de fuerzas para el eje Y. ....	90
Ecuación 10 Ecuación del Momentum para colector 160 lt. ....	91
Ecuación 11 Ecuación de la cortante para colector 160 lt.....	91
Ecuación 12 Ecuación del Momentum para colector 250 lt. ....	93
Ecuación 13 Ecuación del Momentum para colector 250 lt. ....	93

## Resumen

El objetivo del presente trabajo de título es desarrollar una propuesta metodológica que permita una mejora en el proceso de instalación de colectores solares térmicos en viviendas sociales de la región de Valparaíso. Evitando fallas estructurales en viviendas y fallas en los costosos equipos de energía solar que SERVIU subsidia e instala a través de entidades patrocinantes.

Para ello y luego de una revisión bibliográfica, entrevistas con expertos y la realización de una encuesta a las entidades patrocinantes, utilizar la metodología BPM. Se realizó un diagnóstico de la situación actual del proceso de instalación de colectores solares y un diseño de la propuesta de mejora, con su respectiva validación y evaluación, a partir de las ciencias de la ingeniería.

A partir del análisis de la situación actual, se detectó que no existe un método de evaluación estructural de viviendas, lo que conlleva una instalación de colectores que no considera variables estructurales y procedimentales, detonando en la falla de aproximadamente el 5% de los colectores solares instalados. Trayendo consigo el nulo efecto de la inversión del Estado a través de SERVIU, además de costos de reparación de colectores y en casos extremos, de reparación de viviendas, multiplicando hasta por 3 la inversión inicial, esto a costo del usuario final y no de SERVIU o la entidad patrocinante instaladora.

La proyección de instalación de paneles solares entre 2015 y 2020, a través del Programa de protección del patrimonio Familiar es de 28.000 colectores en todo el país, por lo que la metodología de evaluación de estructura cobra preponderancia para garantizar el funcionamiento en el largo plazo de equipos con una vida útil promedio de 20 años.

### **Abstract**

The objective of the present thesis, is to develop methodological proposal that allows an improvement in the installation process of thermal solar collectors in social housing in the Valparaíso region. Avoiding structural damages in homes and failures in the costly solar energy equipment that SERVIU subsidizes and installs through sponsoring entities.

For this and after a bibliographic review, interviews with experts and the realization with a survey to the sponsoring entities is that the BPM methodology is used, making a diagnosis of the current situation of the installation process of solar collectors and a design of the proposal Improvement, with their respective validation and evaluation.

From the analysis of the current situation, it was detected that there is no method of structural evaluation of houses, which entails an installation of collectors that does not consider structural variables, detonating in the failure of approximately 5% of installed solar collectors. Bringing with it the null effect of the State investment through SERVIU, in addition to costs of repair of collectors and in extreme cases, repair of houses, multiplying by up to 3 the initial investment, this at the cost of the end user and not of SERVIU or the sponsoring entity.

The projection of installation of solar panels between 2015 and 2020, through the Program for the protection of family patrimony is 28,000 collectors throughout the country, so the methodology of assessment of structure takes preponderance to ensure the long-term operation of Equipment with an average useful life of 20 years.

## CAPÍTULO I. Introducción

Este capítulo tiene como finalidad presentar los antecedentes y describir el problema detectado, estableciendo los objetivos de la presente tesis, considerando los antecedentes de la investigación bibliográfica. Se establecen además las oportunidades de mejora y objetivos, con el propósito de tener un punto de referencia para la evaluación de las propuestas de mejora, en el contexto del “Convenio Marco de Colaboración entre SERVIU Región de Valparaíso y la Universidad de Valparaíso. Chile”, firmado en 2015.

### 1.1 Descripción de la Empresa

#### 1.1.1 Definición del SERVIU Valparaíso.

La empresa es el SERVIU V región, una organización dependiente del Ministerio de Vivienda y Urbanismo. SERVIU manifiesta presentar dificultades respecto del funcionamiento a mediano plazo con el subsidio para innovaciones de eficiencia energética, específicamente con la instalación de colectores solares térmicos en viviendas sociales.

Antecedentes generales y descripción de la empresa:

Razón Social:	SERVICIO DE VIVIENDA Y URBANIZACION V REGION
Rut:	61.817.000-4
Propiedad:	Servicio autónomo del Estado, con presupuesto y RR.HH. dependientes del Ministerio de Vivienda y Urbanismo.
Dirección:	Bellavista N° 120 1 <sup>er</sup> . piso, Valparaíso
Fono:	(32)2263600
Sitio Web:	<a href="http://valparaiso.minvu.cl/">http://valparaiso.minvu.cl/</a>
Logo:	



Sobre SERVIU V: “El servicio de vivienda y urbanización de la quinta región, es una entidad que busca materializar regionalmente los planes y programas derivados de la Política Urbano Habitacional del Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU), entregando soluciones habitacionales y desarrollando proyectos de calidad, integrados, seguros y sustentables; en los ámbitos de vivienda, barrio y ciudad que permitan a las personas, principalmente en los sectores vulnerables, emergentes y medios, mejorar su calidad de vida, la de sus familias y su entorno.” (SERVIU V, 2015).

▪ **Misión:**

Contribuir a mejorar la calidad de vida de los hombres y mujeres que habitan en la región, especialmente de los sectores más vulnerables, respetando su diversidad, favoreciendo la integración social, reduciendo inequidades y fortaleciendo la participación ciudadana a través de políticas, programas e iniciativas destinadas a asegurar viviendas de mejor calidad, barrios equipados y ciudades integradas social y territorialmente, competitivas y sustentables. (SERVIU V, 2015).

▪ **Objetivos Estratégicos<sup>1</sup>:**

- Disminuir el déficit habitacional de los sectores más vulnerables, reduciendo la inequidad y fomento la integración social a través de la entrega de soluciones habitacionales.
- Recuperar barrios, con énfasis en los vulnerables, con deterioro habitacional y/o urbano, generando inversiones, que disminuyan el déficit, en los espacios comunes, fortaleciendo las redes sociales y posibilitando una equilibrada inserción de éstos en las ciudades.
- Asegurar el desarrollo de las ciudades, promoviendo su planificación, aumentando la inversión en infraestructura para la conectividad y espacios públicos que fomenten la integración social.
- Proveer a la ciudadanía productos y servicios de calidad en los ámbitos de vivienda, barrio y ciudad, a través de la implementación de un sistema de gestión de calidad.
- Asegurar una adecuada y oportuna información estandarizada a los ciudadanos y fortalecer las instancias de participación responsable en la gestión y uso de las inversiones en vivienda, barrio y ciudad.
- Consolidar una gestión participativa y comprometida de los funcionarios con los desafíos Institucionales, basada en la entrega de información oportuna y de calidad a través de canales de información validados, y fortaleciendo las competencias, climas laborales, trabajo en equipo y los sustentos tecnológicos apropiados para la entrega de un buen servicio.

SERVIU Valparaíso desde 2009 a 2015 ha recibido más de 849 mil millones de pesos, para la ejecución de sus distintos programas, viendo importantes incrementos en los años 2011 y 2015, debido a la llegada de recursos para la reconstrucción por las catástrofes vividas a raíz de los incendios en Valparaíso en 2010 y 2014 respectivamente. El siguiente gráfico, muestra la evolución del presupuesto de los años en estudio:

---

<sup>1</sup> SERVIU lleva a cabo la política ministerial del MINVU, en base a ello comparte y ejecuta los objetivos estratégicos que se encuentran disponibles en el sitio web de MINVU de la región de Valparaíso.

### Presupuesto de Inicio - SERVIU V Región (Millones de pesos)



Ilustración 1 Gráfico de presupuesto SERVIU Valparaíso, con información de la cuenta pública SERVIU 2014 y Cuenta Pública SERVIU 2014-2017.

Fuente: Cuenta Pública SERVIU 2014

La siguiente tabla muestra la evolución del presupuesto desagregado, separando el ítem de subsidios de la región, del ítem Urbano y concursable y el resto de recursos:

Ítem \ Año	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Urbano y Concursable	21.080	3.339	21.841	22.325	34.851	18.833	34.437
Subsidios	75.738	88.675	105.312	82.180	74.838	83.941	128.371
Resto	11.973	4.261	5.214	6.766	6.631	4.321	4.877
Total PPTO (MM)	108.791	96.275	132.367	111.271	116.320	107.095	167.685

Tabla 1 Tabla de Presupuesto desagregado de SERVIU Valparaíso, con información de la cuenta pública SERVIU 2014 y Cuenta Pública SERVIU 2014-2017.

Fuente: Elaboración propia

Estos recursos han significado la entrega de más de 120 mil subsidios, de los cuales 17.715 fueron entregados en 2014 significando un 37% del total nacional, de estos, 8.917 subsidios corresponden a la mejora y programa de protección del patrimonio familiar (PPPF) que corresponde a un 11% del total de subsidios de los siete años en estudio, y se espera que al finalizar 2015 existan más de 17.482 subsidios en las distintas áreas.

Según la Cámara chilena de la construcción, en su estadística acerca del índice de calidad de vida urbana, en Valparaíso existe una extrema disparidad respecto de la calidad de la vivienda. Del Ranking ICVU (2016) se tiene que; Viña del Mar (8°) y Concón (19°), son las comunas con mejor Índice de Calidad de Vida Urbana a nivel regional y se ubican entre las

veinte mejores del país. A ellas, y por sobre el promedio nacional, se suman Villa Alemana (33°), Quilpué (37°) y Quillota (39°), todas en el rango superior. Mientras que por debajo del promedio nacional este año se ubicaron Los Andes (46°), San Antonio (52°), La Calera (61°), Valparaíso (64°) y San Felipe (65°). Esto es evidencia de la precariedad de la vivienda en sectores de Cerro, en el gran Valparaíso.

Según las proyecciones gubernamentales, se espera que entre el año 2015 y 2020 se instalen 28.000 colectores a lo largo del país, por lo que al ser Valparaíso una de las regiones más grandes de Chile, se espera que gran parte de dichos colectores se instalen a través de subsidios en Valparaíso.

### 1.1.2 Subsidios SERVIU V Región

El Ministerio de Vivienda y Urbanismo a través del SERVIU Valparaíso, entrega una batería de subsidios para; compra y construcción de viviendas nuevas; mejora de viviendas usadas; mejora del entorno de los condominios sociales; y arriendo de viviendas. Estos subsidios son destinados a familias de sectores vulnerables y medios.

Es de interés a la presente tesis, el proceso del subsidio para mejora de viviendas usadas, en su ítem de implementación de Innovaciones de Eficiencia Energética, más específicamente el de Colectores solares. Este subsidio es implementado a través del PPPF, que posee el siguiente diagrama de postulación:

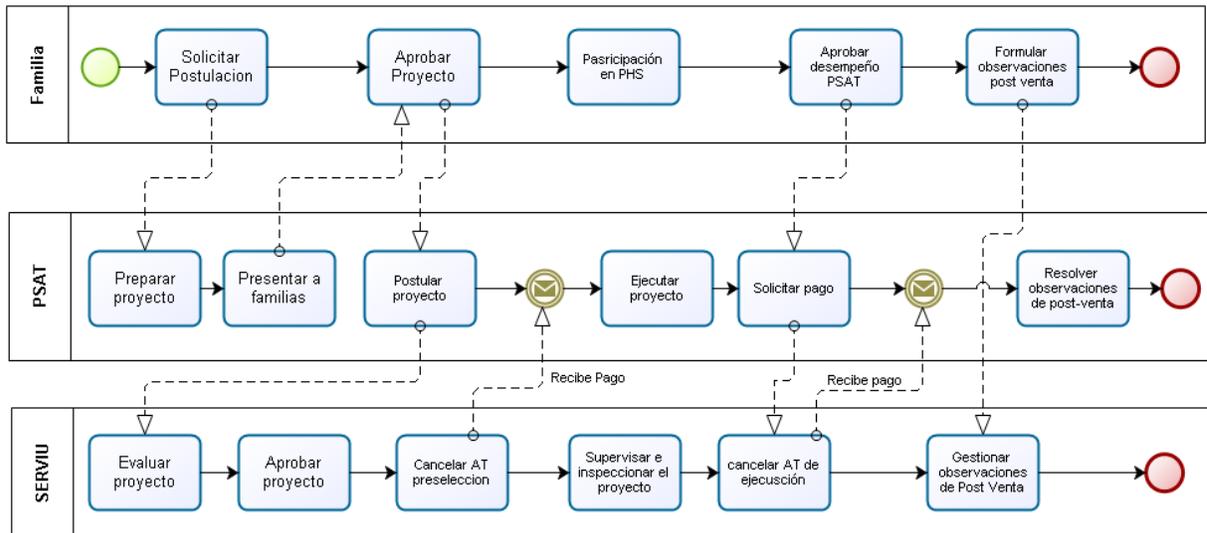


Ilustración 2 Diagrama proceso de postulación de proyectos en el marco del PPPF  
Fuente: Informe final PPPF (MINVU, 2011).

### 1.1.3 Subsidio para Colector Solar

SERVIU entrega certificados de subsidio, para la instalación de Colectores solares. Tal como se aprecia en la *Ilustración 2 Diagrama proceso de postulación de proyectos en el marco del PPPF*, existe la participación de 3 entidades en el proceso, como son la Familia o beneficiario, la PSAT y el SERVIU. Puede apreciarse que la PSAT participa a lo largo de todo el proceso, guiando desde la postulación de las familias, hasta la resolución de observaciones de post venta, es además quien recibe los pagos. Cabe mencionar que quienes postulan al subsidio y que luego pasan a ser beneficiarios, son familias de quintiles socioeconómicos más bajos, específicamente quienes cumplen los siguientes requisitos:

### 1.1.4 Beneficiarios del subsidio

Son las familias cuyo jefe de hogar tenga más de 18 años, en situación de vulnerabilidad social y de grupos emergentes que cumplan los siguientes requisitos:

- En postulaciones individuales contar con máximo 13.484 puntos en la FPS. En postulaciones colectivas el 40% de los integrantes puede superarlo.
- Ser propietario o asignatario (postulante o cónyuge) de la vivienda a reparar o mejorar.
- Además, la vivienda debe catalogarse en una de estas categorías: vivienda social, construida por SERVIU o sus antecesores; o vivienda cuya tasación no supere las 650 UF (de acuerdo con la metodología que señala el reglamento).
- Acreditar haber depositado el ahorro mínimo (3 UF) al último día del mes anterior al de inicio de la postulación, en algún tipo de cuenta de ahorro que contemple reajustabilidad y facultad de bloquearse y desbloquearse.
- Cuando la suma del subsidio y el ahorro sea menor al costo total del proyecto, se debe contar con aportes adicionales.
- No haber sido beneficiado (postulante y cónyuge) con un subsidio de los programas Mantención de Viviendas SERVIU, Mejoramiento de la Vivienda Familiar y su Entorno o del Título III del antiguo Subsidio Rural.
- Contar con asesoría de un PSAT.
- Contar con un constructor o contratista inscrito en los Registros del MINVU, para la ejecución de las obras.
- En postulaciones colectivas los interesados deben estar constituidos como grupo organizado.
- Contar con autorización de los copropietarios, cuando el proyecto afecte bienes comunes de un condominio.
- Contar con permiso de edificación de la Dirección de Obras Municipales (DOM), cuando el proyecto lo requiera.

### 1.1.5 Beneficio Tributario (Ley 20.365)

Se hace una breve mención a esta ley, que establece franquicia tributaria respecto de sistemas solares térmicos. Esta ley permite a empresas constructoras deducir de sus pagos provisionales obligatorios de la Ley de Impuesto a la Renta un crédito equivalente a todo o parte del valor de los sistemas solares térmicos y de su instalación en edificios destinados a la habitación construidos por ellas, es decir en viviendas nuevas. Sin embargo, en su artículo 14, faculta al presidente de la República para emitir un DFL que permita a empresas instaladoras a percibir beneficio tributario en instalación de sistemas solares térmicos en viviendas sociales usadas, basados en el PPPF y la entrega de subsidios a dueños de vivienda.

### 1.1.6 Vivienda y Condominio Social

Para entender el problema en la instalación de CST, se debe conocer la vivienda social, que no presenta problemas para SERVIU, ya que sus políticas se encuentran avanzadas respecto de su construcción, no son parte del problema, pero debe conocerse ya que en ellas se emplazan los Colectores. La vivienda social en Chile es aquella unidad habitacional económica de carácter definitivo, destinadas a resolver problemas de marginalidad habitacional<sup>2</sup>, esta deberá tener a lo menos tres recintos: un dormitorio para dos camas, una sala de estar-comedor-cocina y un baño con inodoro, lavamanos y ducha<sup>3</sup>. Las viviendas sociales se encuentran definidas en la Ley N° 19.537 de Copropiedad Inmobiliaria. Estas deben cumplir ciertas de condicionantes para ser consideradas viviendas sociales como son; que su tasación no supere las 520 UF<sup>4</sup>; estar certificadas por la Dirección de Obras del Municipio correspondiente; que no supere los 140m<sup>2</sup> de construcción<sup>5</sup>.

Los condominios sociales se denominan como tales, por estar constituidos mayormente por viviendas sociales, con un máximo de 150 viviendas por condominio social, las que tendrán una tasación de 520 UF como máximo al estar dentro del Condominio. Siendo las viviendas sociales, obtenidas mayoritariamente a través de subsidios habitacionales entregados por el Estado de Chile.

No existe una arquitectura definida para una vivienda social, existiendo distintos tipos de diseño dependientes de la empresa constructora encargada de llevar a cabo los proyectos de condominios y de las condiciones del proyecto habitacional. Los condominios sociales, pueden postular a través de SERVIU a programas financiados por el Estado para la mejora de distintas áreas, siendo los recursos destinados por SERVIU a reparación y mantenimiento de viviendas con uso de innovación en eficiencia energética los analizados en la presente tesis. En las siguientes imágenes se aprecia la precariedad de la vivienda en Valparaíso:

<sup>2</sup> Según Artículo 40 de la Ley 19.537 de Copropiedad Inmobiliaria.

<sup>3</sup> Según Capítulo 4, Artículo 6.4.1, del decreto 47, 1992, de la Arquitectura en Viviendas Sociales, MINVU.

<sup>4</sup> Según Artículo 4, letra b.3.ii), de la ley 20.741, año 2014, de modificación de ley de copropiedad inmobiliaria.

<sup>5</sup> Según Artículo 27, letra b) de la ley 18.101, año 1982, MINVU.



Ilustración 3 Vivienda Social, Región Metropolitana.  
Fuente: Noticias junio 2014, Pagina web MINVU



Ilustración 4 Viviendas sociales, instaladas en Cerros de Valparaíso.  
Fuente: Volumen 28-año 2013, revista INVI.



Ilustración 5 Vivienda Social Cerro Monjas, en riesgo de derrumbe.  
Fuente: Diario el Matutino del 13 de abril de 2016, Valparaíso.

## 1.2 Sistemas solares Térmicos

Un sistema solar térmico (SST) corresponde a un conjunto de equipos y componentes que permiten el aprovechamiento de la energía solar para la producción de ACS, para el consumo doméstico, incluido el panel solar, depósito acumulador, estructura soportante del panel, cañerías de distribución, entre otros componentes. Las viviendas subsidiadas serán del tipo unifamiliar con movimiento del fluido de tipo circulación natural o termosifón.

Según el manual SST del MINVU, la instalación de estos se deberá ejecutar con un circuito primario y un circuito secundario independientes, evitándose cualquier tipo de mezcla de los distintos fluidos que pueden operar. Estarán exceptuados de esta exigencia los SST directos que cumplan con el artículo 11, del D.S. N°331, 2009 del ministerio de economía según los siguientes puntos:

- Utilizar CST que acrediten haber superado el ensayo de resistencia al congelamiento que establecerá la SEC al efecto, así como con alguno de los métodos de protección contra heladas que se indican en el artículo 17 del Decreto Supremo mencionado.
- Usar como material el propileno copolímero de impacto o el propileno copolímero random incluido en el listado autorizado de materiales y componentes que se puedan utilizar en instalaciones domiciliarias de agua potable y alcantarillado, mantenido por la Superintendencia de Servicios Sanitarios conforme a lo dispuesto en el artículo 6° del Reglamento de Instalaciones Domiciliarias de Agua Potable y Alcantarillado, aprobado por decreto supremo N.° 50, de 2002, del Ministerio de Obras Públicas. Alternativamente, podrán usar como material aquellos que se señalen en la norma técnica que el Ministerio de Energía elaborará al efecto, en ejercicio de sus atribuciones.
- Su temperatura máxima de trabajo debe ser inferior a 95 °C.

En los SST, el circuito primario debe ir desde la captación hasta el intercambio de calor (dentro del depósito acumulador) y el circuito secundario va desde el intercambio de calor hasta la salida del Sistema de Aporte Auxiliar (SAA), como se aprecia en la siguiente imagen:

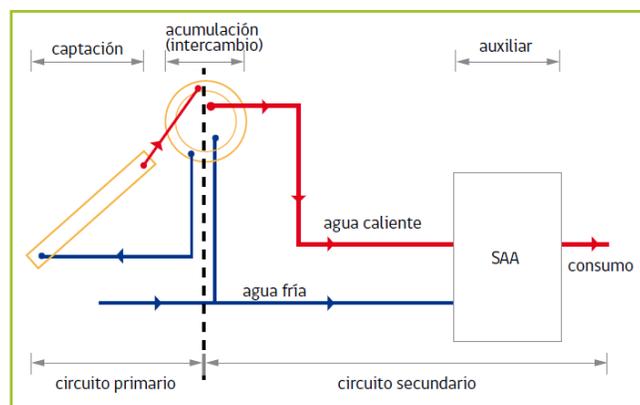


Ilustración 6 Diagrama de instalación de sistema solar térmico en vivienda.  
Fuente: Manual de Colectores Solares Térmicos, MINVU.

## 1.2.1 Colectores solares Térmicos

Los CST son artefactos que aprovechan la energía del Sol para absorber calor, traspasando la diferencia positiva de temperatura hacia agua u otro fluido, el que se acumula en estanques por sistema de termosifón<sup>6</sup> o sistema forzado por diferencias de presión, con temperaturas de salida de entre 10°C y 200°C. Los utilizados para el uso domiciliario son los de baja temperatura, que absorben la energía del sol a través de placas planas, estos poseen temperaturas de 10°C a 200°C y se subdividen principalmente en 2 tipos de diseño; los paneles solares de captador plano y los paneles solares de tubo de vacío, este último se subdivide principalmente en dos tipos: Close Loop y Heat Pipe. Acá se presenta una breve descripción de los tipos de colector:

### 1.2.1.1 Colector Solar Plano

Estos generan energía térmica a través de una caja plana por la que circula el fluido, que se calienta a su paso por el panel. Estas cajas pueden estar protegidas a través de un vidrio de mínimo 4 mm de espesor, que evita pérdidas de calor, o no protegidas quedando a la intemperie en sistemas de bajo rendimiento no utilizados para agua caliente sanitaria.

El colector solar plano protegido es utilizado principalmente para la obtención de agua sanitaria caliente para la vivienda, este aprovecha la luz del sol que incide sobre el vidrio protector, generando dentro de la caja un efecto invernadero, calentando así la placa colectora, que transmite calor sobre los tubos que transportan el agua fría, calentándola en rangos de temperatura entre 10 y 80°C.

La eficiencia del colector solar plano es variable, y depende principalmente de la diferencia de temperatura entre el colector y el medio ambiente (a mayor diferencia de temperatura, menor eficiencia y viceversa), además de la cantidad de radiación que capte el colector (a mayor radiación, mayor eficiencia y viceversa).



Ilustración 7 Diseños de absorbente en CST, placa plana  
Fuente: Manual de Colectores Solares Térmicos, MINVU.

<sup>6</sup> Circulación natural de un fluido, que al calentarse produce dilatación térmica y menor densidad ascendiendo por sobre su porción fría.

Ejemplo de Aplicación: Para una vivienda ocupada por una familia de 5 o 6 personas, que utilice un sistema de 4 m<sup>2</sup> de colectores planos y un tanque de 200 o 300 litros, el costo de la instalación incluyendo mano de obra, puede alcanzar los USD 3.200, con un gasto en operación y mantenimiento anual de USD43<sup>7</sup>.

- Potencia térmica: 700 W/m<sup>2</sup>
- Factor de Planta: 24-50%
- Eficiencia de Conversión: 45-65%
- Costo de inversión: 1.492-2.000 USD/KWp
- Costo de operación y Mantenición: 2.14-28,5 USD/KW año
- Costo medio de la energía: 6,1-19,1 Centavos de Dólar /KWh
- Datos: Proporcionados por el CER, 2011
- Imagen representativa:

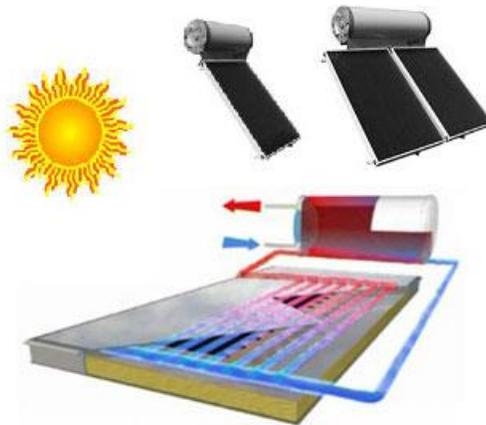


Ilustración 8 CST Protegido, piezas y componentes de colector solar plano.  
Fuente: Manual de Colectores Solares Térmicos, MINVU.

Los principales componentes de estos sistemas son la cubierta, placa absorbente, tubos por donde circula el fluido de trabajo, un aislante térmico y soporte. También se suele aplicar un sistema de almacenamiento para conservar agua caliente en las horas en que disminuye la radiación solar. Es una tecnología de instalación y mantención sencilla.

### 1.2.1.2 Colector Solar de tubo vacío

Estos generan energía térmica a través de tubos de vacío: Tubos dobles de vidrio (borosilicato) concéntricos, que entre sí poseen aislamiento de vacío con sellado hermético, lo que provoca una gran aislación. El tubo exterior deja pasar los rayos del sol, mientras que el tubo interior, que se encuentra recubierto por nitrato de aluminio, para generar mayor absorción, contiene el líquido a calentar o bien un tubo de cobre Heat pipe. Este sistema es más eficiente

<sup>7</sup> Información del Centro Nacional para la Innovación y Fomento de las Energías Sustentables (CIFES).

en cuanto a potencia y geometría. El sistema por tubo de vacío ofrece mayores ventajas incluso teniendo buenos rendimientos en época de invierno, con mínimas pérdidas de calor. El colector solar de tubo vacío se utiliza principalmente para la obtención de agua caliente sanitaria y procesos térmicos industriales. Este aprovecha la luz del sol que incide sobre las placas absorbentes de energía y tubos con fluidos de trabajo dentro de un tubo al vacío, permitiendo un mayor aislamiento térmico, además de alcanzar mayores temperaturas en la placa (sobre 100°C). Este sistema minimiza las pérdidas de calor con lo cual aumenta la eficiencia del sistema. La eficiencia del colector solar de tubo vacío es variable, y depende principalmente de la diferencia de temperatura entre el colector y el medio ambiente (a mayor diferencia de temperatura, menor eficiencia y viceversa), además de la cantidad de radiación que capte el colector (a mayor radiación, mayor eficiencia y viceversa).

Existen 3 tipos de tubos:

- De flujo directo: el fluido de trabajo fluye directamente a través del tubo interior.
- De tubo de calor: la temperatura se transfiere al fluido de trabajo en un condensador que recibe agua u otro fluido evaporado, lo condensa y lo devuelve al tubo de calor.
- De tipo Sydney: tubo de vidrio de doble pared, en los que la superficie absorbente se halla directamente sobre el tubo interior de vidrio. Requiere un reflector para aprovechar el área no alcanzada por el sol.

Representación de un tubo de vacío para CST:

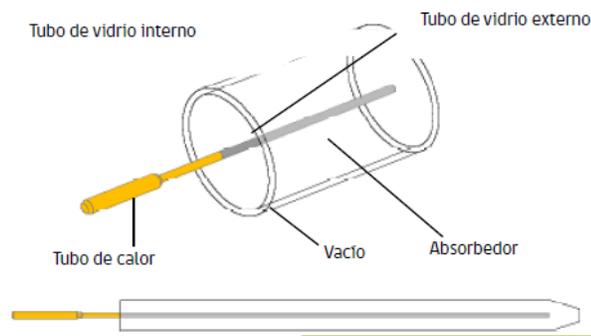


Ilustración 9 Diseño de colector de tubos de vacío para CST.  
Fuente: Manual de Colectores Solares Térmicos, MINVU.

- Potencia térmica: 800-900 W/m<sup>2</sup>
- Factor de Planta: 24-50%
- Eficiencia de Conversión: 45-65%
- Costo de inversión: 1.294-1.765 USD/KWp
- Costo de operación y Mantenimiento: 2.14-28,5 USD/KW año
- Costo medio de la energía: 5,5-17 Centavos de Dólar /KWh
- Datos: Proporcionados por el CER, 2011
- Imagen representativa:

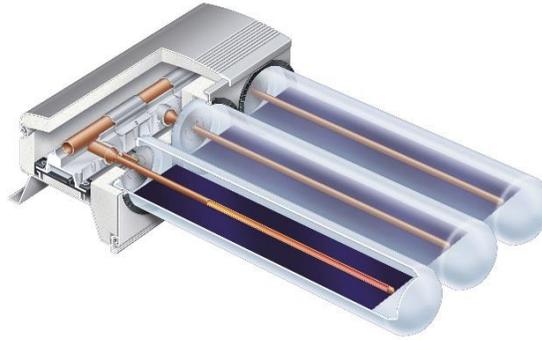


Ilustración 10 Componentes del colector solar de tubo de vacío  
Fuente: Manual de Colectores Solares Térmicos, MINVU.

Los componentes principales son tubos de vidrio, placas absorbentes, las cuales son tubos por donde circula el fluido de trabajo, placas reflectantes, soporte y un sistema de almacenamiento, que permita tener energía para las horas sin radiación solar. Es una tecnología de instalación y mantención sencilla.

### 1.2.1.3 Movimiento del fluido

- Movimiento Pasivo: por circulación natural, son aquellos donde el fluido de transferencia de calor circula en el circuito primario por el cambio de densidad producido por las diferencias de temperatura del fluido, **son los aceptados por el MINVU para obtener agua caliente sanitaria en viviendas a través de subsidios.**
- Movimiento Activo: Sistema que utiliza una bomba para hacer circular el fluido de transferencia de calor a través del colector.
- Sistema Solar Térmico Directo: Sistema de calentamiento solar en el que el agua calentada para consumo final pasa directamente a través del colector.
- Sistema Solar Térmico Indirecto: Sistema de calentamiento solar en que un fluido de transferencia de calor, diferente del agua para consumo final, pasa a través del colector.

### 1.2.1.4 Estructura de soporte de SST

Estas deberán cumplir las siguientes condiciones generales de instalación:

- La estructura de soporte deberá tener puntos de sujeción del colector, suficientes en número y debe permitir las dilataciones térmicas, sin que se produzcan flexiones en el colector que comprometan su integridad. El cálculo y diseño de la estructura de soporte de los colectores se debe realizar mediante un proyecto estructural, el cual deberá ser adjuntado a la propuesta del proyecto de instalación y firmado por un profesional habilitado en el área de cálculo estructural.

- Todos los materiales de la estructura de soporte deberán contar con protección contra la acción de los agentes ambientales, en particular contra el efecto de la radiación solar y la acción combinada del aire y el agua (especialmente en ambientes de tipo marino o salino), a modo de ejemplo se pueden considerar como tales, el acero galvanizado o la pintura anticorrosiva de tipo epóxica.

Junto al Itemizado técnico para instalación de sistemas solares térmicos en viviendas del fondo solidario de vivienda y el PPPF, no existe un documento que especifique la instalación de los colectores solares sobre techo o cubierta en viviendas sociales, siendo este uno de los principales objetos de análisis de la presente tesis.

La mayor cantidad de problemas de funcionamiento de los CST se encuentran en la estructura soportante de los paneles y la estructura a la que va sujeta, los que al fallar dejan inutilizable el colector entre otros efectos que se describen más adelante, este es el problema principal que solucionar.

### 1.2.1.5 Consumo de agua caliente en viviendas

La demanda diaria de agua caliente sanitaria de la vivienda que abastece el SST, expresada en [L/día], se obtiene conforme al método de cálculo indicado en el Capítulo V, Título Segundo, Párrafo I del Reglamento de la Ley 20.365. En el Artículo 24 del Reglamento de la Ley, se encuentra la Tabla N°5, que define la demanda diaria de ACS por persona (Cp.) a una temperatura de referencia de 45°C. Para el caso de proyectos de instalaciones solares térmicas unifamiliares se considera 40 litros por persona al día y para un sistema multifamiliar, 30 litros por persona al día, lo que se expresa en la siguiente tabla:

TIPO de SST	Consumo por persona (L/día)
Unifamiliar	40
Multifamiliar	30

Tabla 2 Consumo diario de ACS por persona, por tipo de vivienda  
Fuente: Manual de Colectores Solares Térmicos, MINVU.

Conforme a la Tabla N°6 del artículo 25 del Reglamento de la Ley 20.365, se calcula el número de personas por vivienda asociado al número de dormitorio de la misma:

Numero de dormitorios	1	2	3	4	5	>5
Número de personas	1,5	3	4	6	7	N° de dormitorios

Tabla 3 Tabla de número de dormitorios según número de habitantes  
Fuente: Manual de Colectores Solares Térmicos, MINVU.

El artículo 26 del Reglamento de la Ley 20.365 señala además que la demanda de ACS de la vivienda ( $D_v$ ), será igual a:

$$D_v = C_p * N^{\circ} \text{ de personas}$$

Ecuación 1 Cálculo de Demanda de ACS en vivienda  
Fuente: Manual de Colectores Solares Térmicos, MINVU.

Según la Superintendencia de Servicios Sanitarios, el consumo de agua por vivienda, está dado por:

Consumo de agua por día en litros (L)		Numero de dormitorios				
		1	2	3	4	5
Vivienda	Unifamiliar	60	120	160	240	280
	Multifamiliar	45	90	120	180	210

Tabla 4 Consumo agua en Litros, tipo de vivienda y n° de dormitorios.  
Fuente: elaboración Propia con datos de la Ley 20.365.

### 1.3 Identificación del Problema

De la misión del SERVIU se desprende que uno de sus propósitos es mejorar la calidad de vida de los habitantes de la región a través de iniciativas de calidad y sustentables. Sin embargo, se detecta un problema en cuanto a la calidad en ejecución de obras de innovación energética, por cuanto los sistemas fallan debido a problemas de instalación derivados de fallas en la evaluación estructural de viviendas, esto según información aportada por el Evaluador en Eficiencia Energética del Servicio de Vivienda y Urbanismo SERVIU de Valparaíso. La instalación de SST en viviendas sociales, debe ser un proceso prolijo, ya que las fallas en la instalación de los sistemas repercutirán inevitablemente en el funcionamiento futuro del mismo sistema. Mediante verificación visual, se ha podido observar problemas con la estructura de soporte de los SST, esto debido principalmente a la deficiente especificación respecto de la instalación de colectores en los distintos tipos de vivienda sociales existentes.

Anteriormente se identificó como referencia técnica para la estructura soportante del CST el apartado de 1.2.1.4 del manual de SST, que solo especifica que debe haber un profesional encargado de calcular y diseñar la estructura, y que los materiales deben contar con protección para el ambiente, cuestión que no se cumple cabalmente por parte de los instaladores, desencadenando en malos cálculos y diseños, además de la utilización de materiales defectuosos o que no se adaptan a las condiciones climáticas de la ciudad.

Las PSAT además de considerar lo especificado en el Manual de SST, deben cumplir una serie de exigencias técnicas según el: *ITEMIZADO TÉCNICO PARA INSTALACIÓN DE SISTEMAS SOLARES TÉRMICOS EN VIVIENDAS DEL FONDO SOLIDARIO DE VIVIENDA Y DEL PROGRAMA DE PROTECCIÓN AL PATRIMONIO FAMILIAR*. Requisitos dentro de los elementos generales:

- El oferente del SST estará a cargo del suministro de cada uno de los componentes que conforman el sistema solar térmico, de la realización de las instalaciones, de la entrega de la documentación descrita en el presente documento, de la realización de un programa de mantenimiento, de la oferta de una garantía por el buen funcionamiento del sistema y del cumplimiento del presente Itemizado Técnico.

Es fácil identificar que las PSAT, actúan además como oferentes del SST, llevando a cabo la evaluación técnica y la instalación, pasando a ser juez y parte<sup>8</sup>. Requisitos que deben cumplir las PSAT:

➤ Antecedentes a presentar:

- Proyecto estructural, firmado por un profesional competente, para el cálculo y diseño de los refuerzos estructurales de la techumbre, de la estructura de soporte de los colectores y el acumulador, así como la descripción del tipo de protección utilizada contra la acción de agentes ambientales, en particular contra el efecto de la radiación solar y la acción combinada del aire y el agua. Adicionalmente indicar medidas de protección contra robos y daños.
- Copia de Certificados de colectores y acumuladores y garantías de los equipos.
- Garantías de la instalación que asegure el buen funcionamiento del SST por un período mínimo de 2 años. Además, se deben presentar garantías por 5 años para los colectores solares y los depósitos acumuladores.

➤ Requisitos en la recepción:

- La vivienda deberá ser entregada con el montaje completo del SST funcionando, incluyendo toda la estructura soportante y los refuerzos estructurales pertinentes.
- Comprobaciones: El mandante puede, en cualquier momento, verificar el cumplimiento de las especificaciones presentes en este Itemizado y que los materiales utilizados en la instalación corresponden a los descritos en la propuesta. Las verificaciones no disminuyen la responsabilidad del oferente del SST, hasta el fin de la garantía.
- Constatación de defectos: Los defectos se podrán notar al realizar exámenes visuales y/o ensayos de funcionamiento, durante la recepción de los sistemas solares térmicos, para lo cual se utilizará el protocolo que para tales efectos establecerá MINVU, o en su defecto, el Protocolo de Inspección de Sistemas Solares Térmicos que se indica en la RE N°02 de la Superintendencia de Electricidad y Combustibles, de 03 de enero de 2011.
- Todos los ensayos y pruebas en la recepción serán realizados por la empresa contratista, con la presencia del ITO y del inspector SERVIU.
- Entrega: La entrega del SST y el SAA, cuando corresponda, se entenderá por concluida una vez que los ensayos y pruebas hayan sido realizados.
- El acta de entrega se firmará únicamente contra comprobación del perfecto funcionamiento del SST y el SAA, cuando corresponda.

---

<sup>8</sup> Comentario del autor de la presente tesis, previo a la identificación del problema.

- En caso de instalar el SST sobre el techo de la vivienda ya habitada (PPPF) se debe hacer una inspección de hermeticidad del techo intervenido, rociando agua al techo a razón de un litro por metro cuadrado de superficie del techo intervenido, para descartar goteras y averías.
- Requisitos de la captación solar:
- La instalación de los colectores solares debe considerar una inclinación mínima de  $10^\circ$ , referida como el ángulo  $\beta$  entre la superficie del colector y el plano horizontal, que se aprecia en la figura. Asimismo, el ángulo  $\alpha$  que se forma entre la recta que sigue el sentido de la circulación del fluido en el manifold del colector y el plano horizontal debe ser  $>0^\circ$  y  $<5^\circ$ . En el siguiente diagrama se ilustran ambos casos:

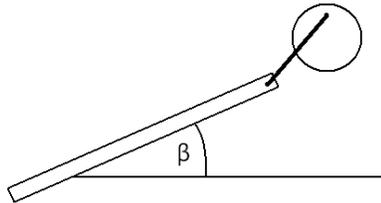


Ilustración 11 Ángulo  $\alpha$  de inclinación de CST.  
Fuente: Manual de Colectores Solares Térmicos, MINVU.

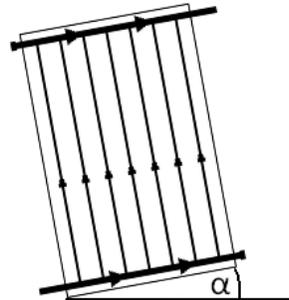


Ilustración 12 Ángulo  $\beta$  de inclinación de CST.  
Fuente: Manual de Colectores Solares Térmicos, MINVU.

- Condiciones generales para la estructura de soporte:
- La estructura de soporte deberá tener puntos de sujeción del colector, suficientes en número y debe permitir las dilataciones térmicas, sin que se produzcan flexiones en el colector que comprometan su integridad.
  - El cálculo y diseño de la estructura de soporte de los colectores se debe realizar mediante un proyecto estructural, el cual deberá ser adjuntado a la propuesta y firmado por un profesional habilitado en el área de cálculo estructural.
  - Todos los materiales de la estructura de soporte deberán contar con protección contra la acción de los agentes ambientales, en particular contra el efecto de la radiación solar y la acción combinada del aire y el agua.
  - En ningún caso podrá utilizarse un CST que posea un absorbente de acero galvanizado.

Se debe considerar que las viviendas sociales cuentan con una serie de especificaciones técnicas de construcción que hacen posible la instalación de paneles solares sobre techo o cubierta, sin embargo, no todas las viviendas cumplen dichas especificaciones. Además, se debe tomar en cuenta que los paneles solares cuentan con certificaciones de calidad, que los hacen aptos para la instalación sobre techo o cubierta de viviendas sociales, garantizando su funcionamiento mediando una correcta instalación en viviendas certificadas. Sin embargo, existe un problema entre la vivienda y la compatibilidad de los SST que tienen que ver

directamente con la evaluación de las viviendas en cuanto a su soporte y a la ejecución de la instalación de los SST. A pesar de existir normas técnicas para la instalación de SST, **se ha observado fallas en la instalación y habilitación estructuras de soporte de los CST, lo que conlleva inevitablemente a la falla del sistema.**

Con el fin de indagar en las causas que influyen en el problema, es decir la falla de estructuras de soporte de los SST, es que se entrevistó al Coordinador regional de Valparaíso, de Calificación Energética de viviendas y experto en energía Solar del SERVIU Valparaíso Luis Seguel Ramírez, confeccionándose el siguiente diagrama de Ishikawa:

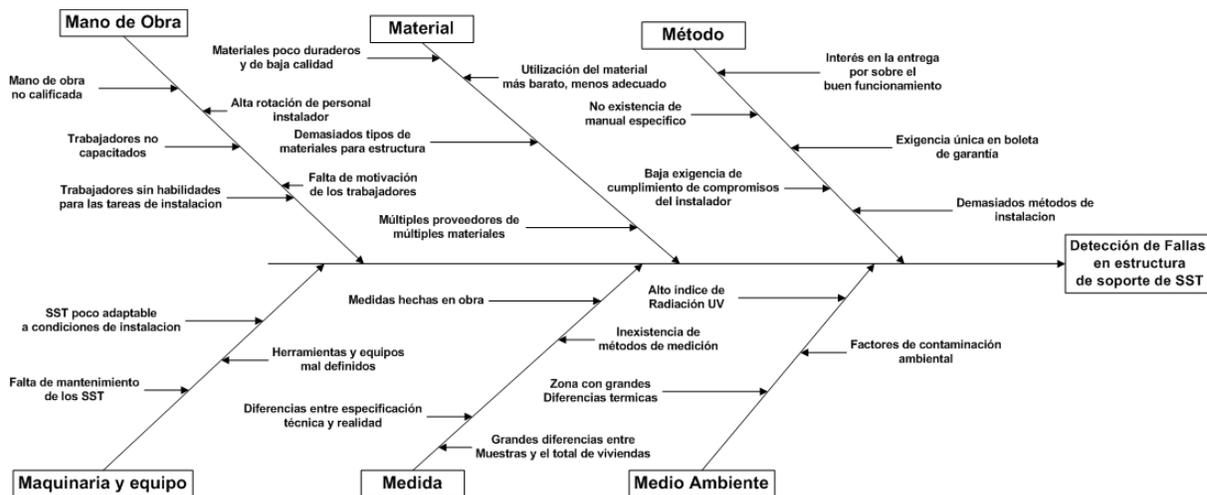


Ilustración 13 Diagrama de Ishikawa, instalación de SST.  
Fuente: Elaboración propia.

- **Mano de Obra:** Debido principalmente a la falta de mano de obra calificada en la instalación de paneles solares. La ejecución de la instalación de paneles solares es posible con conocimientos básicos de construcción, sin embargo, la no capacitación y certificación de los instaladores provoca que al adecuar la instalación a las condiciones de estructura y ambiente se tomen decisiones que provocan la falla en el sistema en el mediano plazo. La instalación se hace de manera rápida, de modo de entregar la obra lo más rápido posible, sin considerar futuras fallas por mala instalación de la estructura de soporte del SST.
- **Material:** al momento de instalar el soporte del SST, se ha encontrado a través de inspección visual que la estructura de soporte está compuesta por materiales de baja calidad o poco protegidos a las inclemencias del clima, esto sumado a la gran cantidad de componentes existentes en el mercado para la sujeción de la estructura y la gran cantidad de proveedores e instaladores de SST que utilizan sus propios sistemas. Esto provoca poca uniformidad en la instalación de los diversos sistemas. Por lo general el instalador elige materiales de bajo costo, como madera sin protección para la instalación de la estructura soportante, provocando fallas en el mediano plazo.
- **Método:** el instalador tiene como referencia las CONDICIONES GENERALES DE INSTALACION, del Manual de SST, y el Itemizado técnico para instalación de paneles solares. Sin embargo, estos no son suficientemente específicos y dejan demasiado rango de

acción para la instalación de estructuras de SST por parte de las empresas proveedoras. La no existencia de un manual o normas de instalación específico provoca un amplio universo no controlado de métodos de instalación, lo que dificulta garantizar el normal funcionamiento en el largo plazo. El instalador privilegiará acortar los plazos de entrega por sobre realizar un trabajo prolijo en la instalación, esto según técnicos del SERVIU. Además, los instaladores al momento de licitar entregan boletas de garantía, las que prefieren perder por sobre reparar o instalar estructuras soportantes de mayor calidad, ya que el costo es menor.

- Maquinaria y Equipo: Los CST poseen distintas características, por lo que el proceso de instalación y sus condiciones son adaptables, esto sumado a la nula definición de herramientas y equipos a utilizar en el proceso de instalación, provoca una gran dispersión de tipos de instalación en los diversos proyectos, lo que, sumado a la falta de mantenimiento de las estructuras soportantes y de los SST, provocan fallas en funcionamiento del sistema en el mediano plazo.
- Medida: La planificación y métodos de instalación por parte de las empresas instaladoras se realiza de manera específica para cada tipo de vivienda, esta evaluación no siempre es confiable, debido a que la empresa que evalúa la vivienda es la misma que ejecuta o supervisa la ejecución, y es además quien recibe los pagos. Esto lleva a que al momento de ejecutar la instalación el instalador se encuentra con condiciones distintas a las especificadas en el proyecto, lo que provoca la necesidad de tomar medidas durante la ejecución, y haciendo necesaria la toma de decisiones al momento de instalar, quedando un rango amplio de decisión y de diferencia entre lo medido y especificado en el proyecto y lo que realmente se ejecuta al momento de instalar el SST.
- Medio ambiente: La zona de instalación se caracteriza por ser una zona costera, por lo que existe gran diferencia entre el clima de invierno y verano, lo que no es considerado por la totalidad de instaladores. Estas diferencias pueden llegar a 35 °C, con índices de humedad que fluctúan entre el 70 y el 80%, además de diferencias en índices de radiación de 6,7KWh/m<sup>2</sup>, estas condiciones son las principales y afectan a estructuras que se encuentran a la intemperie, dependiendo del material utilizado (por lo general madera sin protección).
- Todo lo anterior tiene como consecuencia la detección de fallas en la estructura soportante del SST, lo que provoca el aumento de los costos de mantención, alto costo de reparación o el no funcionamiento del equipo completo.

El problema identificado y que se abordará en la presente tesis, es la **deficiente metodología de cálculo estructural de las PSAT en el proceso de instalación CST** en viviendas sociales de la región de Valparaíso.

#### 1.4 Oportunidades de Mejora

El proceso de instalación de CST posee procesos administrativos, prácticos y técnicos similares. Cada empresa PSAT instala los colectores de manera distinta por sus propios procesos, maquinas, herramientas y personal disponibles, lo que supone distintos problemas tanto en evaluación como en instalación y en la calidad de los trabajos que realizan las empresas instaladoras, de las oportunidades de mejora del problema descrito podemos mencionar:

- Armonizar datos: Las empresas instaladoras se coordinan con SERVIU durante todo el proceso de instalación de CST. Es por ello que SERVIU destina sus recursos en lidiar con las distintas empresas. Al implementar un proceso estándar para intercambio de información, podrá indudablemente obtenerse mejor utilización de recursos, ahorro de tiempos en la instalación e información estandarizada para resolución de problemas futuros.
- Mejores Prácticas: Al mejorar los procesos de instalación de paneles solares y cumplir con los estándares mínimos en la entrega de obras, las empresas pueden mejorar su historial de reclamos y denuncias por malas prácticas, permitiendo ampliar el abanico de trabajo para SERVIU, mejorando la calidad de sus proyectos y contando más de empresas instaladoras, mejorando la competencia.
- Justificación de inversión: Al mejorar el problema de las estructuras soportantes, se evita la falla del colector, esto es esencial, ya que debe al menos recuperarse la inversión por parte de las familias, lo que se consigue al 10<sup>mo</sup> año, las fallas se dan en gran medida entre el 2<sup>do</sup> y 3<sup>er</sup> año. Esto permitirá justificar la política del SERVIU.
- Mano de Obra: Para la entrega de un buen servicio de instalación, es imperante el contar con mano de obra calificada. Esto permitirá un mejor uso de recursos, instalaciones sólidas y uniformes, ahorros de H.H., por lo que es imperioso mejorar la instalación a través de la exigencia de mano de obra calificada.

## 1.5 Actual funcionamiento del proceso de instalación de SST

En este proceso se encuentran los tres participantes. Como se puede apreciar en la Ilustración 2 Diagrama proceso de postulación de proyectos en el marco del PPPF, la PSAT participa desde el proceso de formulación, pasando por la ejecución, hasta la resolución de observaciones de post venta. Esto provoca que sea la PSAT quien posea la mayor capacidad decisional en el proceso.

SERVIU cuenta con herramientas de supervisión e inspección de proyectos, aunque los recursos limitados no permiten la supervisión directa durante todo el proceso. El seguimiento de los proyectos de instalación de SST está a cargo del Coordinador Regional en Valparaíso de Calificación Energética de Viviendas, quien tiene como funciones principales:

- Ser evaluador en Eficiencia Energética y experto en Energía Solar del Servicio de Vivienda y Urbanismo SERVIU de Valparaíso.
- Aplicar el procedimiento de Calificación Energética de Viviendas CEV, apoyar en proyectos de Eficiencia Energética, Energía Solar, y Sustentabilidad. Apoyo en la creación de la Comisión de Desarrollo Sostenible CDS.
- Es el profesional responsable de desarrollar y ejecutar todos los proyectos de Diseño y Operación destinados a la entrega de servicios de implementación de tecnología solar (Eficiencia Energética, Solares Térmicos y Fotovoltaicos,) a los clientes.

SERVIU a través de sus encargados manifestó no contar con las herramientas y recursos suficientes para resolver el problema en cuestión. Debido a la falta de recursos, las fallas del sistema de gestión de subsidios actual, y recursos humanos de fiscalización escasos, la instalación de paneles solares se ha transformado en un proceso de escaso control y altamente dependiente de la PSAT que lleva a cabo los proyectos.

## **1.6 Objetivos del proyecto**

Al encontrarse identificado el problema y sus causas, se puede obtener el objetivo general y objetivos específicos, además de los alcances de la presente tesis:

### **Objetivo General**

Elaborar una propuesta metodológica y técnica, para el proceso de instalación de Sistema Solar Térmico sobre cubierta o torre de viviendas sociales, que permita el control y la reducción fallas en las estructuras de soporte de los Colectores solares.

### **Objetivos Específicos**

- Conocer y utilizar la información proporcionada por SERVIU Valparaíso, relativo a subsidios entregados, y condiciones térmicas y energéticas en viviendas sociales.
- Obtener un panorama de la situación de ejecución de subsidios para colector solar térmico.
- Proponer una metodología mejorada para la ejecución de la instalación de Colectores solares.
- Evaluar la viabilidad de la propuesta, para obtener un modelo aplicable de cálculo estructural aplicable.

## **1.7 Alcances y limitaciones**

### **Alcances:**

- a. El presente trabajo de título contempla la evaluación del método de ejecución en la instalación de paneles solares, sobre cubierta o torre en viviendas sociales, a través de subsidios entregados por el SERVIU V Región, para el posterior desarrollo de una propuesta de solución.
- b. Se desarrollará una propuesta metodológica como solución al problema detectado, sin embargo, esta no será ejecutada por la empresa de manera inmediata, por lo que los resultados no podrán ser medidos operacionalmente sino hasta luego de finalizada la presente memoria.

- c. La presente tesis se desarrolla dentro del marco legal Decreto Supremo 255, año 2006 del MINVU. El Decreto Supremo 331, año 2009 del Ministerio de Economía: reglamento de la Ley N° 20.365 del año 2009 y sus modificaciones en la ley 20.897 del año 2016, del ministerio de Energía. Marco, reglamentos y normativas en que se desarrolla la instalación de SST en Chile.
- d. La presente memoria abarca empresas PSAT y EGIS de la V región Valparaíso. Utiliza además los datos de SERVIU de la V región para el análisis y desarrollo del presente trabajo, además de instalaciones y datos de usuarios de dicha región.

**Limitaciones:**

- a. La falta de un registro actualizado de estado de las instalaciones de SST en la región de Valparaíso, lo que no permite un análisis inmediato.
- b. Banco de datos de SERVIU V incompleto y desactualizado respecto de las empresas PSAT que brindan servicios de instalación de SST, lo que no permite una comunicación fluida con dichos entes.
- c. El periodo de recolección de datos comprende el periodo de los años enero de 2009 – diciembre de 2016.
- d. La falta de un registro de estado de las viviendas en la región de Valparaíso, lo que no permite la obtención de diagnósticos inmediatos.
- e. El presente trabajo de título se desarrolla dentro del límite de las viviendas sociales, definidas en el punto 1.1.6.
- f. El trabajo se desarrolla dentro del punto de subsidio para innovaciones de eficiencia energética que se enmarca en el programa de mejoramiento de la vivienda del MINVU.

**1.8 Metodología para la propuesta de solución**

Para el desarrollo de la presente tesis se establece la siguiente metodología, con el fin de establecer los pasos a seguir desde el planteamiento del problema, hasta el desarrollo y conclusiones de la presente tesis.

Proceso metodológico paso a paso:

- 1) Obtener datos por parte de SERVIU V Región.
- 2) Analizar datos del SERVIU.
- 3) Especificar y definir el problema a tratar.

- 4) Analizar la situación actual de los procesos de SERVIU.
- 5) Elaborar y aplicar una encuesta y entrevistas con las Empresas Patrocinantes.
- 6) Plantear metodologías para la mejora de procesos, con herramientas de Calidad.
- 7) Proponer soluciones en base al uso de herramientas que ataquen el problema.
- 8) Evaluación de propuestas de solución.
- 9) Conclusiones y aportes a la propuesta elegida.

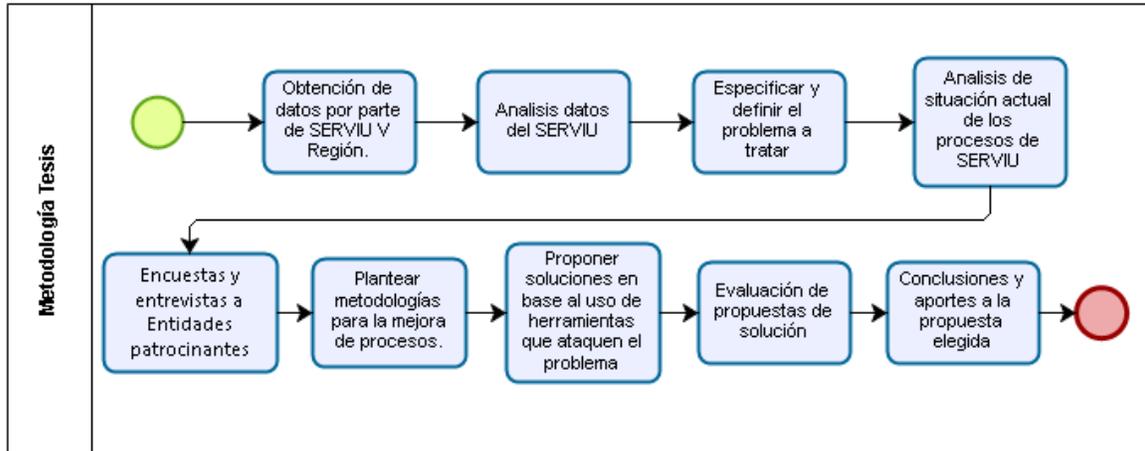


Ilustración 14 Metodología para el desarrollo de propuesta de solución  
Fuente: Elaboración propia.

## CAPÍTULO II. Marco Teórico

La diversidad de conocimientos y el gran campo de análisis que posee la problemática a solucionar hacen necesario establecer un marco teórico dentro del que se desarrollará y buscará solución al problema. Este capítulo establece el detalle teórico en que se desarrolla el proyecto, puntualizando las principales definiciones y las herramientas existentes para la mejora del proceso de instalación de Paneles Solares en viviendas sociales.

Considerando antecedentes históricos, es necesario mencionar que en 2010 en Chile, ocurre un gran terremoto de 8,5 grados Mercalli, que afecta a Valparaíso con una intensidad VI en la misma escala, el posterior Tsunami que afecta a la zona Centro Sur de Chile, y sus consecuencias, dan paso a la acción por parte de la autoridad, por lo que se crea el plan “Chile Unido Reconstruye Mejor” que busca generar una oportunidad para redefinir el futuro desarrollo de varios centros urbanos, que serán planificados de forma integral, sustentable y considerando los riesgos naturales. Luego en 2013 y 2014, Valparaíso sufre por incendios de gran envergadura. Estos hechos, obligan la llegada de una cantidad de recursos considerables en el presupuesto de SERVIU V región, generando un cambio en la política de vivienda social que ha sido considerado en el desarrollo de la presente tesis.

### 2.1 Política de Subsidios.

El Ministerio de Vivienda y Urbanismo a través del SERVIU Valparaíso, entrega una batería de subsidios para; compra y construcción de viviendas nuevas; mejora de viviendas usadas; mejora del entorno de los condominios sociales; y arriendo de viviendas. Estos subsidios son destinados a familias de sectores vulnerables y medios. Es de interés a la presente tesis, el subsidio para mejora de viviendas usadas, específicamente para la implementación de Innovaciones de Eficiencia Energética: Colectores solares, iluminación solar, tratamientos de separación de aguas u otras similares. La siguiente ilustración nos muestra el subsidio específico, dentro de la generalidad de subsidios SERVIU:



Ilustración 15 Campo de subsidios para Eficiencia Energética.  
Fuente: Elaboración Propia

Desde el año 2011, se implementa en Chile el programa de protección del patrimonio familiar (PPPF), cuyo objetivo principal es contribuir a mejorar la calidad de vida de las personas o familias, mediante la detención del proceso de obsolescencia y deterioro, en barrios y viviendas principalmente de sectores vulnerables, hasta el tercer quintil de vulnerabilidad, la siguiente ilustración muestra el proceso global de subsidios SERVIU (Para más información de subsidios ir al ANEXO VI):

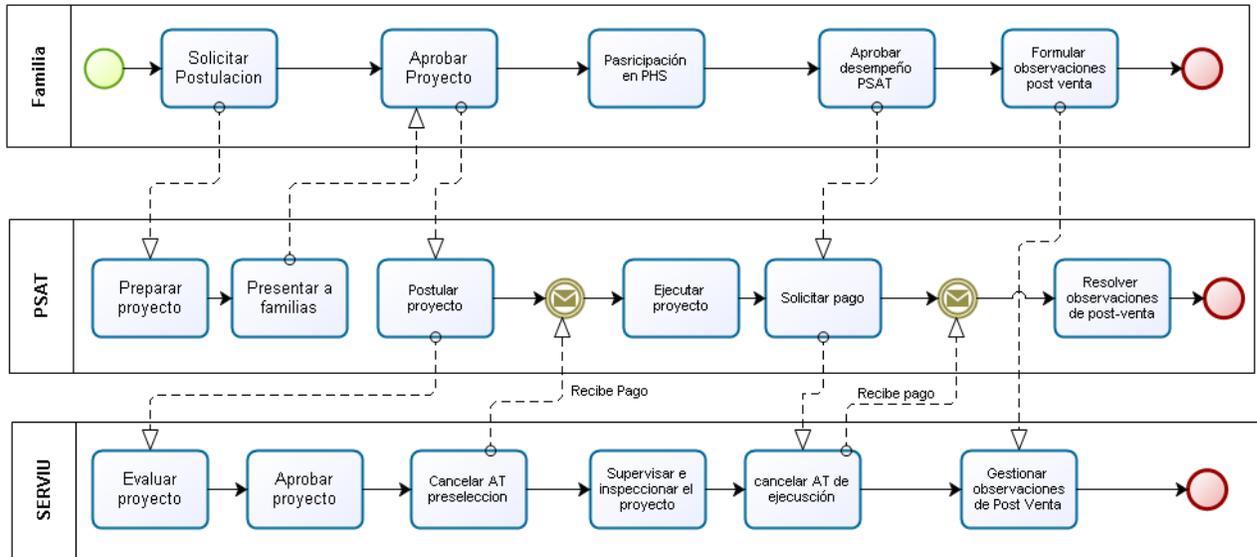


Ilustración 16 Diagrama proceso de postulación - Informe final PPPF MINVU  
Fuente: Informe final PPPF (MINVU, 2011).

## 2.2 Marco Legal

El subsidio para la instalación de Paneles Solares Térmicos en viviendas usadas consiste en la entrega de certificados de subsidio por parte del SERVIU dentro del marco del PPPF. La entrega de subsidios y su reglamentación se encuentran en el D.S. N°255 del año 2006, del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, según su artículo 5, Título II, letra b.5), para la instalación de equipos de innovación energética. Se requiere un ahorro de 3 UF, por parte del postulante, y contempla un monto de subsidio de entre 50 y 65 UF, dependiendo de la zona geográfica de la vivienda:

Tramo	Título I	Título II	Título III					
	Proyecto de Equipamiento comunitario y/o Mejoramiento del entorno	Proyecto de mejoramiento de la Vivienda	Proyecto de ampliación de la vivienda (Casa)			Proyecto de ampliación de la Vivienda en altura (Departamento)		
			Viviendas de hasta 8 m2	Viviendas de más de 8m2 y hasta 26 m2	Viviendas de más de 26 m2	Viviendas de menos de 25m2	Viviendas de entre 25m2 hasta 45m2	Viviendas de más de 45m2
1	12	50	225	279-(m2 vivienda x 6,75)	90	295	545-(m2 construidos x 10)	95
2	13	55	235	289-(m2 vivienda x 6,75)	100	310	560-(m2 construidos x 10)	110

3	14	60	255	309-(m2 vivienda x 6,75)	120	330	580-(m2 construidos x 10)	130
4	16	65	270	324-(m2 vivienda x 6,75)	135	350	600-(m2 construidos x 10)	150

Tabla 5 Montos Máximos de Subsidio  
Fuente: Decreto Supremo 255, 2006 - MINVU.

Tramos de Subsidios para instalación de paneles Solares V Región:

Comuna de emplazamiento	Tramo	Comuna de emplazamiento	Tramo	Comuna de emplazamiento	Tramo
Algarrobo	1	La Cruz	1	Quilpué	2
Cabildo	2	La Ligua	1	Quintero	1
Calera	1	Limache	2	Rinconada	1
Calle Larga	1	Llailay	1	San Antonio	1
Cartagena	1	Los Andes	1	San Esteban	1
Casablanca	2	Nogales	1	San Felipe	1
Catemu	1	Olmué	2	Santa María	1
Concón	2	Panquehue	1	Santo Domingo	1
El Quisco	1	Papudo	1	Valparaíso	2
El Tabo	1	Petorca	2	Villa Alemana	2
Hijuelas	1	Puchuncaví	2	Viña del Mar	2
Isla de Pascua	4	Putendo	2	Zapallar	1
Juan Fernández	4	Quillota	2		

Tabla 6 Tramos de zona geográfica para aplicación de subsidios.  
Fuente: Decreto Supremo 255, 2006 - MINVU.

Esta información es relevante al momento de definir los costos por instalación de soluciones, además aporta a la tesis información relevante para el desarrollo del proyecto, como tamaño de viviendas, tramos por comuna de ejecución, entre otros datos relevantes. El marco legal de la presente tesis, que regula los campos de acción en los que se puede encontrar solución a la problemática señalada están dados por:

- Decreto Supremo 255, año 2006 del MINVU: Este decreto regula un sistema de subsidio destinado a contribuir al financiamiento de las obras de Equipamiento Comunitario y/o Mejoramiento del Entorno, de Mejoramiento de la Vivienda o de Ampliación de la Vivienda, que cumplan con las condiciones señaladas en este mismo reglamento. Este decreto nos facilita el identificar al beneficiario, y la vivienda social dentro de la tesis.
- Ley N° 20.365, año 2009: Establece Franquicia Tributaria respecto de Sistemas Solares Térmicos. Para la obtención de beneficios de impuestos a empresas instaladoras, nos aporta

en entender, junto al reglamento de la ley, las motivaciones de los actores en el proceso de instalación, respecto de beneficios tributarios en las distintas instalaciones de CST.

- Decreto Supremo 331, año 2009 del Ministerio de Economía: reglamento de la Ley N° 20.365. Reglamento que establece el beneficio de franquicia tributaria para la instalación de CST.
- Itemizado técnico para instalación de sistemas solares térmicos: Los proyectos de instalación de Sistemas Solares Térmicos (SST) individuales en viviendas afectas al Fondo Solidario de Vivienda (FSV) y Programa de Protección al Patrimonio Familiar (PPPF) u otros programas en los cuales MINVU dicte su aplicación, deberán incorporar en su diseño las especificaciones técnicas y los requisitos señalados este documento. Este documento nos facilita el desarrollo en aspectos técnicos, como tipos de colector a utilizar, materiales y otras especificaciones de la instalación.

La bibliografía anterior, junto al material facilitado por los órganos de SERVIU, MINVU y UNIVERSIDAD DE VALPARAISO, constituyen el marco legal dentro del que se desarrolló la presente tesis.

### **2.3 Situación actual**

La instalación de SST en viviendas sociales en Valparaíso se realiza bajo el Manual de Colectores Solares del MINVU. Este manual poco adaptable a las diversas condiciones geográficas, de clima y de calidad de vivienda en Chile, han provocado distintos problemas relacionados a la instalación de SST en viviendas sociales, como son daños a la infraestructura, falla en el funcionamiento de colectores por daño en los materiales, entre otros.

Esta situación, es fomentada por el bajo control de SERVIU sobre la gestión de las PSAT, ya sea por falta de recursos humanos, distancias geográficas que impiden visitas de un ITO, falta de supervisión administrativa y de requisitos de la mano de obra, entre otros.

En el contexto de los años 2009 – 2015 incluso hasta la publicación de la presente tesis, no se ha trabajado efectivamente en disminuir el índice de fallas relacionadas a la evaluación de infraestructura para habilitación de planes sociales como los SST. Es debido a la proyección de instalaciones masivas hasta el 2020, que el tema ha pasado a ser relevante, por los montos en dinero que mueve y por el alza de fallas relacionadas a la infraestructura de este tipo de instalación.

### **2.4 Definiciones fundamentales**

Los siguientes conceptos teóricos engloban el presente marco teórico, aportando al lector un enfoque ingenieril en distintos aspectos, facilitando al lector la interpretación de datos:

### 2.4.1 Procesos

De la ISO 9000: Proceso es “Un conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en resultados” (Velasco, 2009)

Un proceso puede definirse como un conjunto de acciones o actividades enlazadas entre sí para lograr un fin, el que se obtiene mediante la coordinación de recursos dentro de un sistema. Para las empresas los procesos son actividades que se realizan para conseguir una transformación de elementos de entradas en elementos de salida. Estos procesos son impulsados por eventos externos, ya sea para “iniciar” como para “continuar” luego de una espera. Esta definición es la utilizada en el desarrollo de la presente tesis, para entender el proceso de desarrollo de la misma, como el proceso en el sistema de postulación, hasta las observaciones de post venta, en la instalación de SST.

### 2.4.2 Gestión de procesos.

La gestión de procesos (BPM por sus siglas en inglés) consiste en la forma de gestionar las empresas basándose en sus procesos y no en los departamentos (método tradicional). La Gestión de procesos nace con el fin de eliminar los inconvenientes de la gestión tradicional, cuyos principales inconvenientes son; la reducida flexibilidad y el escenario competitivo. Además, este nuevo enfoque sobre la gestión dentro de las organizaciones permite mejorar la eficiencia de las empresas. La forma en que se gestionan los procesos es básicamente, incorporando actividades de medición, análisis y mejora.

Esta definición es la utilizada para el desarrollo de la presente tesis, de modo que el proceso involucra distintos entes como los beneficiarios, PSAT y SERVIU, se encuentra analizado desde la gestión por proceso y no desde la gestión por organización, para entender este desarrollo con una definición más acabada:

El BPM como una disciplina de gestión de procesos incluye dos grandes áreas de la gestión empresarial:

- a) BPM Governance.
- b) BPM Operacional.

La principal diferencia entre estos es que el primero es un modelo de gestión corporativo orientado a procesos, mientras que el segundo abarca todo el ciclo de gestión por cada proceso. El BPM Governance, es un solo modelo para todas las áreas de negocio. En el caso de BPM Operacional el ciclo comienza a partir de dos posibles constelaciones:

- a) Un proceso actual que debe levantarse y documentarse y/o rediseñarse.
- b) Insertar un nuevo proceso que no exista en la organización.

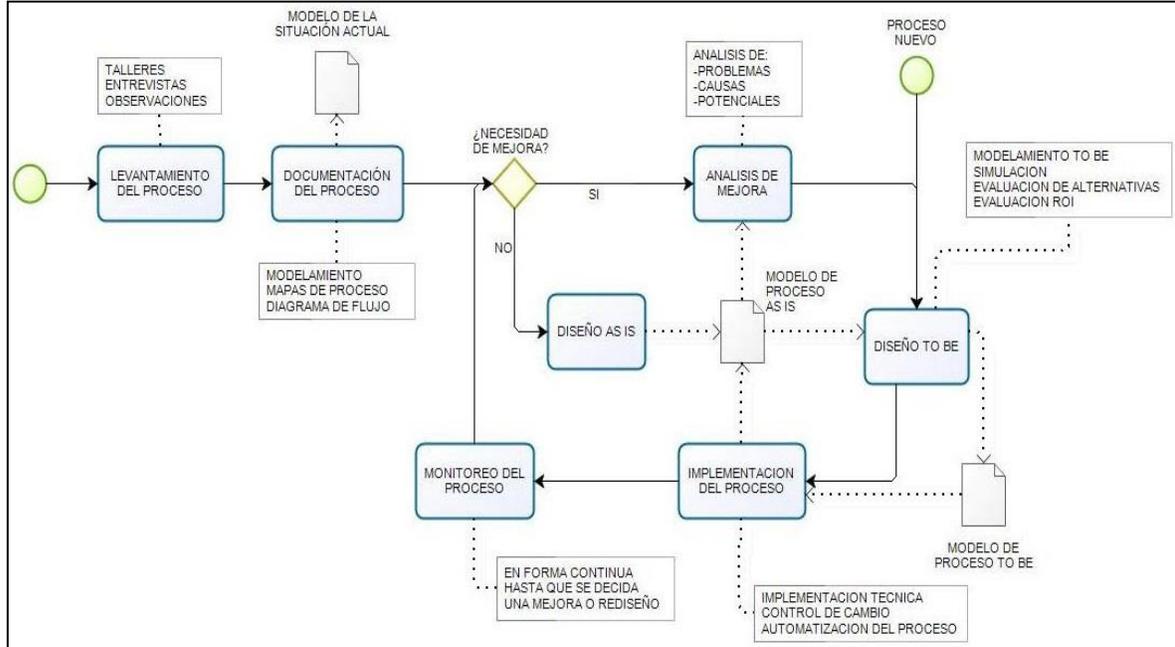


Ilustración 17 Ciclo de BPM Operacional.  
Fuente: La organización y la estructura del BPM (Hitpass, 2014).

El ciclo de BPM Operacional cuenta con varias fases para conseguir el nuevo proceso, algunas de estas son:

- 1) Fase de “**Levantamiento del Proceso**”, en este primero se debe recoger la información sobre cómo está organizado el flujo de trabajo.
- 2) Fase de “**Documentación del Proceso**”, se debe documentar la información sacada de la fase anterior, esto se documenta en un modelo de procesos que refleja la situación actual de la empresa.
- 3) Fase de “**Implementación del Proceso**” incluye la implementación técnica como las adaptaciones organizacionales. El resultado final de la implementación técnica del proceso es la situación actual, autorizada y documentada.

El punto de partida para el rediseño de proceso nace de las debilidades identificadas en la fase de “**Análisis de mejora**” o de las desviaciones producidas en la etapa de “**Monitoreo de procesos**”.

Para lograr modelar de manera estandarizada cada parte que compone el ciclo de BPM, es que se utiliza BPMN, este cuenta con notaciones estandarizadas y automatizadas para llevar a cabo el levantamiento de información en los procesos, más adelante se detalla esta notación.

El modelo técnico obtenido puede implementarse por medio de una Suite de BPM, es que por las siglas en ingles se denomina, BPMS. El ciclo BPM muestra en sus principales fases cómo funciona el círculo de mejora continua de los procesos. Para aplicarlos es necesario:

- a) Asignar responsabilidades a los procesos.
- b) Emplear métodos de análisis y gestión en él.
- c) Contar con el apoyo de soluciones adecuadas de TI.

BPMN describe la lógica de los pasos en un proceso de negocio. Es importante modelar con BPMN, ya que, tal como se ha mencionado, es un estándar internacional de modelado de procesos, lo que le permite tener como característica el proporcionar un lenguaje común para que las partes involucradas comuniquen los procesos en forma clara, completa y eficiente. De esta forma BPMN proporciona la notación de un Diagrama de Procesos de Negocios (BDP, por sus siglas en inglés de Business Process Diagram). BPD es un diagrama para ser utilizado por los analistas de los procesos.

En BPMN es posible llegar a detallar que actividades son automatizadas, cuales son llevadas a cabo con ayuda de un sistema o que actividades se realizan en forma manual.

Los elementos gráficos con los que cuenta BPMN se clasifican en cuatro categorías:

- 1) Objetos de flujo: corresponde a los principales elementos gráficos que definen el proceso. Eventos, actividades y compuertas.
- 2) Objetos de conexión: elementos usados para conectar dos objetos del flujo dentro de un proceso. Existen tres tipos de objetos de conexión; líneas de secuencia, asociaciones y líneas de mensaje.
- 3) Canales: son organizadores de actividades de flujo en diferentes categorías visuales, representando áreas funcionales, roles o responsabilidades. Mediante Pools y Lanes.
- 4) Artefactos: Entregan información adicional sobre el proceso diagramado. Existen tres tipos: objetos de datos, grupos y anotaciones.

Más adelante se describe la herramienta utilizada para modelar los procesos de la presente tesis, a través de la herramienta Bizagi.

### **2.4.3 Control de procesos.**

El Control de Procesos se basa en controlar las variables inherentes del proceso. El control de proceso se refiere a la comprobación de que el rendimiento del proceso se mantenga dentro de los límites establecidos, los cuales están determinados por los indicadores de evaluación. En el caso de este trabajo se busca la eliminación de fallas a través de un control del proceso de ejecución de subsidios.

“Hoy, el control de procesos se ha convertido en protagonista debido a la necesidad de afinar en los costes a la vez que se consigue la calidad total. Sin un control sistematizado, ambas cosas son poco menos, que imposibles” (Fernandez, 2003).

**Elementos del control:**

- a) Relación con lo planeado: el control permite verificar si los objetivos se lograron con relación a lo planeado.
- b) Medición: para controlar es necesario medir y cuantificar los resultados.
- c) Detectar desviaciones: es importante considerar las diferencias que se producen entre la ejecución y la planeación.
- d) Establecer medidas correctivas: la finalidad del control es anticiparse y corregir las fallas.

El control permite corregir actividades que se encuentran fuera de los rangos establecidos, permitiendo que la planificación sea ejecutada de manera exitosa. Un control eficaz dentro de los procesos permite determinar rápidamente las causas que pueden originar desviaciones, lo que además ayuda a reducir costos y ahorrar tiempo evitando fallas. El control en la presente tesis se utiliza luego del levantamiento de información de los procesos, identificando las fallas en este para la posterior propuesta de solución.

**2.4.4 Control de gestión operacional.**

El control de gestión operacional tiene como misión preparar y analizar la información para facilitar la toma de decisiones posteriores. La labor del control de gestión se basa en preparar y analizar información, con el fin de facilitar la labor siguiente de toma de decisiones por parte de los diferentes órganos de la dirección de la empresa. El control de gestión se encarga, por lo tanto, de; planificar, organizar, medir y controlar la actividad de las organizaciones con el fin de garantizar la obtención de sus propósitos estratégicos y operativos. El control operacional se ajusta en tareas individuales, implicando una simplificación del proceso. Este tipo de control dentro de la organización actúa bajo procedimientos específicos, por lo que no lo afecta el juicio de cada trabajador.

“El Control no puede ser considerado como una actividad asociada netamente a lo financiero y tampoco revisionista de lo ya ejecutado. En una concepción más amplia, el Control es permanente y lo realiza toda la organización, buscando lograr una mayor eficiencia de los procesos y un mejor aprovechamiento de los recursos. La evolución del panorama organizacional exige que el Control amplíe su ámbito de actuación, así como sus contenidos. Con el propósito de dar respuesta a los retos derivados de las nuevas circunstancias competitivas, se llega al Control de Gestión que, a grandes rasgos, vincula el control financiero con el contexto organizativo (personas, valores de la organización) y social (entorno social y cultural).” (Oyarzun, 2010)

**2.4.5 Indicadores de gestión.**

Los indicadores de gestión son medidas utilizadas para evaluar el desempeño y los resultados de una organización o proyecto. Algunos tipos de indicadores de gestión son; tiempo de ciclo de proceso, costos, calidad percibida por los clientes, entre otros. Existen indicadores de gestión de procesos, los cuales presentan tanto expresiones cuantitativas como cualitativas,

las primeras hacen referencia a las variables que intervienen en un proceso, mientras que las cualitativas a los atributos de los resultados, que permiten analizar el desarrollo de la gestión y el cumplimiento de metas establecidas por la organización.

## 2.5 Herramientas de análisis de información

Durante el desarrollo de esta tesis, se utiliza una serie de herramientas que aportan desde la identificación del problema, sus causas y análisis la información, hasta la propuesta de solución, estas herramientas son:

### 2.5.1 Diagrama de correlación o de ISHIKAWA

El diagrama de correlación o también conocido como de Ishikawa o de causa-efecto, tal como su nombre lo indica, representa la relación entre un efecto y sus causas. Este diagrama describe situaciones complejas para que se puedan comprender mejor, y de esta forma, identificar las causas responsables del problema en estudio, para luego, aplicar las acciones correctivas necesarias en cada caso.

La representación gráfica tal como se aprecia en la siguiente figura, se presenta en forma de una espina de pescado, dada esta particularidad, es que también recibe el nombre de diagrama de espina de pescado. Es importante señalar que toma esta forma, dado que cada causa primaria identificada, puede contar con muchas otras causas secundarias. Las causas primarias definidas en la espina de pescado se clasifican en las 5 M: Máquina, Materiales, Método, Mano de obra y Medioambiente:

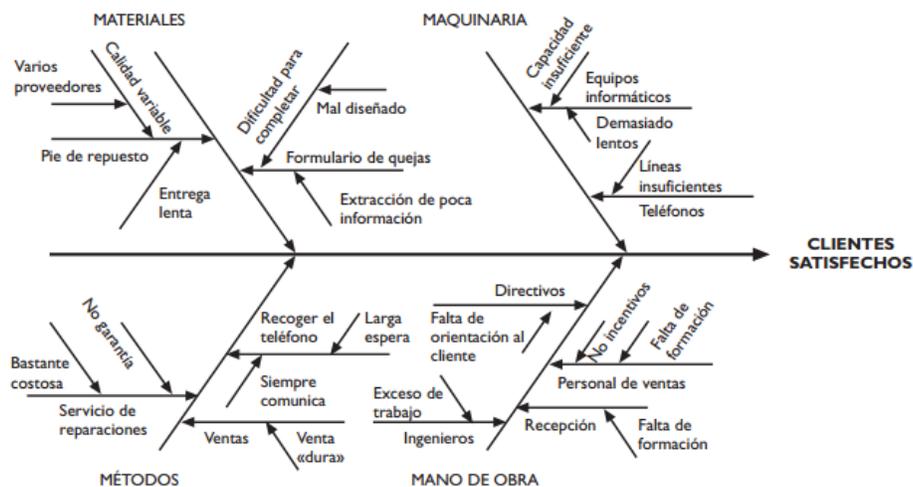


Ilustración 18 Estructura de elaboración del diagrama de correlación o Ishikawa.

Fuente: La organización y la estructura del BPM (Hitpass, 2014).

Este tipo de diagrama es útil en el análisis de las condiciones reales, con el objetivo de mejorar la calidad, eliminar las causas que dejan problemas sobre los procesos o los productos, normalizar las operaciones existentes detectadas en la categoría de mantenimiento, entre otras. Este diagrama es útil en la identificación del problema raíz, que provoca el desarrollo de la presente tesis.

## 2.5.2 Hoja de recogida de datos

La hoja de recogida de datos sirve para recoger los datos necesarios y poder realizar un posterior análisis de estos. Su principal utilidad proviene del empleo de datos objetivos a la hora de examinar un fenómeno determinado. Como sirven de base para adoptar decisiones, es importante que el método de recogida y el análisis de los propios datos garanticen una interpretación correcta del fenómeno estudiado.

- **Construcción:** La hoja de recogida de datos se elabora en función de objetivos concretos, debe ser sencilla y clara, de forma que las personas que tengan que recoger y registrar los datos puedan hacerlo sin ningún problema.

Para facilitar la recogida se emplean hojas estándar adaptadas a las exigencias concretas de cada recogida. En general todas las hojas deben poseer un encabezado de recoja datos destinados a encuadrar la propia recogida, como por ejemplo la fecha, el producto, el sector, el departamento, el operario, el turno, el número de piezas inspeccionadas, etc. Las principales hojas de recogida de datos son: La de recogida de datos cuantificables, la de recogida de datos medibles, la de recogida de datos por situación del defecto y la hoja de síntesis.

### i. Hoja de recogida de datos medibles

Esta hoja se emplea para clasificar los datos en relación con sus dimensiones y representarlo según la distribución de su frecuencia. Permite obtener el número de productos que no cumplen la especificación exigida.

Producto: Tratamiento: N.º de piezas inspecc: N.º total de piezas:				Fecha: Departamento: Operario: Notas:				
	1.º día	2.º día	3.º día	4.º día	5.º día	6.º día	7.º día	Total
Tejido manchado	///	///	////	/	//	/	///	22
Tejido defectuoso		//		///	///	//	/	13
Error de confección	//		///	///	///	/		14
Error de planchado	/	/			/	//		5
Otros	/			//		//	/	6
<b>Total</b>	<b>9</b>	<b>6</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>11</b>	<b>8</b>	<b>5</b>	<b>60</b>

Ilustración 19 hoja de recogida de datos cuantificables. Ejemplo.

Fuente: Directorio de técnicas y herramientas de la calidad (Camison, 2006)

### ii. Hoja de recogida de datos por situación del defecto

Esta hoja presenta un dibujo del producto objeto de examen. Se deben señalar los defectos observados en su aspecto exterior. Se especifica qué defectos contiene el producto y donde figuran estos:

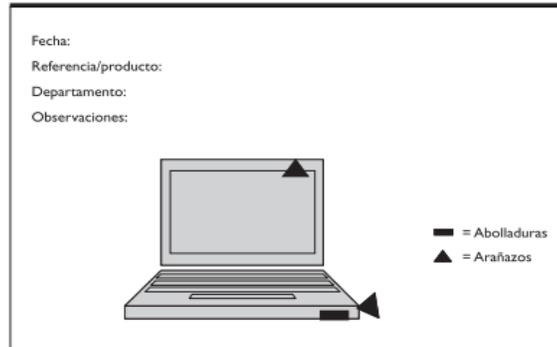


Ilustración 20 Hoja de recogida de datos por defecto. Ejemplo.  
 Fuente: Directorio de técnicas y herramientas de la calidad (Camison, 2006)

## 2.6 Metodologías para la mejora de procesos.

Las utilizaciones de metodologías de mejora de procesos tienen la ventaja de que las reducciones de costos conseguidas serán permanentes, ya que el problema se ataca directamente sobre las causas. A continuación, se detallan cuatro metodologías posibles de aplicar. Es importante destacar, que se eligen estas cuatro metodologías a describir, ya que todas ellas están relacionadas con las características de las causas del problema. A demás son las metodologías que actualmente se encuentran más usadas en las empresas para conceptos de mejoramientos de procesos.

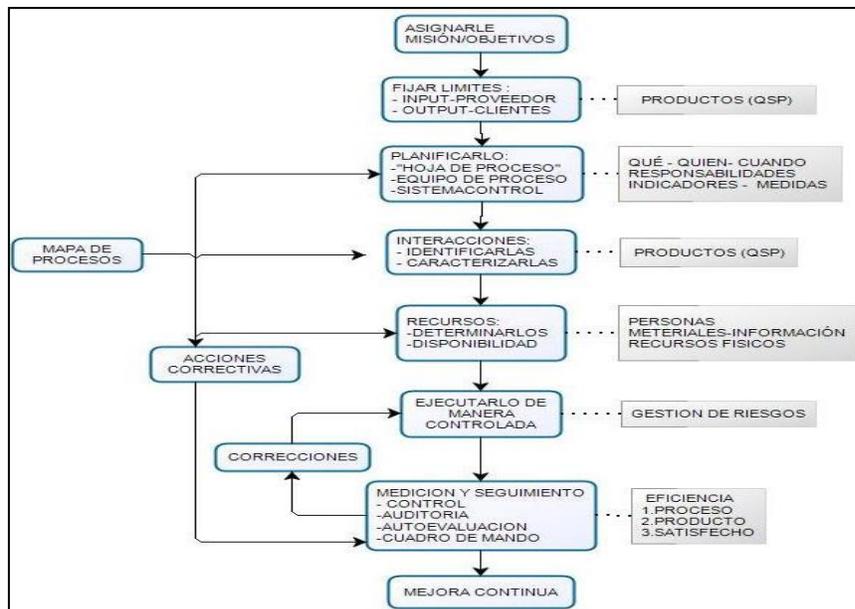


Ilustración 21 Diagrama de proceso de mejora continua.  
 Fuente: Velasco J. A.-F., 1999.

### 2.6.1 Análisis Modal de Fallos y Efectos

El Análisis Modal de Fallos y Efectos (A.M.F.E.), es una herramienta de prevención aplicada para diseñar nuevos productos, servicios o procesos. Se utiliza para estudiar los posibles fallos futuros de un producto, servicio o proceso para luego clasificarlos según su importancia. De la utilización de esta herramienta se obtiene un listado de fallos, que luego se clasifican según relevancia, estableciendo criterios de importancia. De estos se obtendrá un listado priorizado de fallas y efectos más importantes.

Hay varios tipos de Análisis AMFE según si se aplica a un producto/servicio o a un proceso, pero básicamente funcionan igual. Además, la versatilidad de este análisis permite aplicarlo tanto en el desarrollo de productos como en modificaciones de diseño y para la optimización de procesos, esta herramienta consta de los siguientes pasos:

- 1° **Formar Equipos de trabajo** con personas de distintos departamentos o áreas de la empresa.
- 2° **Analizar los posibles fallos potenciales:** el equipo manifiesta en común las disconformidades o fallos posibles del proceso o producto.
- 3° **Evaluar y clasificar fallos:** Se diseña una tabla para recoger información y se calcula la probabilidad de ocurrencia de fallos y su índice de criticidad, para indicar la gravedad o importancia del fallo. Esto permite clasificarlos por orden de prioridad.
- 4° **Definir acciones correctoras:** las acciones que se tomen irán dirigidas a reducir el índice de criticidad de los fallos, con la posibilidad de rediseñar, cambiar o aumentar el control sobre los procesos o productos con fallas.

### 2.6.2 Gestión de la calidad total.

La gestión de la calidad total, o TQM del inglés Total Quality Management, es un modelo de gestión empresarial. Este modelo está enfocado al cliente, sin dejar de lado todos los elementos que rodean a la organización, creando conciencia sobre la calidad en todos los procesos. Gestionar en forma correcta la calidad de los procesos o productos dentro de la organización, genera una ventaja competitiva. Esta ventaja competitiva se puede ver tanto internamente como externamente de la empresa, se presenta de manera interna dada la posible reducción de los costos a largo plazo, mientras que externamente se expresa cuando se produce un efecto positivo sobre las ventas del producto.

El fin último del modelo de gestión de la calidad total es entregar productos con un alto nivel de calidad para satisfacer a los clientes y conseguir la motivación de los empleados. El concepto de calidad enfocado en los procesos sostiene que la manera de obtener productos de calidad es actuando en sus procesos, esto conlleva a un efecto sobre la estructura de la organización, controlando no solo al producto, sino que haciendo participar a todos sus empleados. Cabe destacar que además existe enfoque trascendente, en el producto, en el cliente, entre otros.

El modelo TQM implica dos tipos de administración; de mantenimiento y de innovación, la primera enfocada a la mejora continua, mientras que el segundo a la reingeniería

de procesos. Para poder establecer la calidad de un producto y su posterior control, se debe medir las características propias de calidad, para analizar estos datos se debe realizar mediante técnicas estadísticas, existen variadas herramientas para el análisis, dentro de las cuales se encuentran “las siete herramientas de la calidad”:

- 1) Hoja de control.
- 2) Histogramas.
- 3) Diagramas de Pareto.
- 4) Diagramas de dispersión.
- 5) Gráficos de control.
- 6) Diagramas de causa-efecto.
- 7) Diagramas de flujo.

Para llevar a cabo la calidad sobre el proceso, es necesario, considerar el orden y la limpieza como una nueva cultura en la empresa. Las 5S tratan de lograrlo, viéndolo como algo necesario para mejorar las condiciones de trabajo, la seguridad y la eficacia. Esta estrategia dentro de la gestión de la calidad lleva el nombre de las 5S, dado que corresponde a las iniciales de cinco palabras japonesas:

- a) **Seiri (Despejar)**, identificar todos los elementos necesarios para el desempeño de las tareas, separando y eliminando los innecesarios.
- b) **Seiton (Orden)**, una vez despejada el área de trabajo se debe poner orden. “Un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar”
- c) **Seiso (Limpieza)**, identificar y eliminar los focos de suciedad, asegurando que todo esté en perfecto estado.
- d) **Seiketsu (Normalizar)**, establecer procedimientos que conozcan todas las personas de la organización.
- e) **Shitsuke (Disciplina)**, trabajar de acuerdo con las normas establecidas.

La calidad y la productividad están estrechamente relacionadas, de tal forma que, si se permite un enfoque basado en la calidad dentro de la organización, la productividad se verá positivamente afectada. Hacer bien las cosas, en los productos o en el orden y la limpieza de la organización, permitirán que los costos, las disposiciones de las máquinas y herramientas disminuyan, mientras la organización aumente la confianza tanto de los clientes como de los empleados.

## 2.7 Herramienta para documentación de proceso.

El desarrollo de soluciones en cualquier ámbito requiere la documentación del proceso de solución, tanto para la comunicación al lector, como para la facilitación de la interpretación de datos. Gracias al avance de las tecnologías es posible encontrar una gran cantidad de herramientas tanto para registrar, calcular, administrar, modelar procesos, documentar, entre otros. A continuación, se presentan las herramientas que facilitaron el desarrollo del presente trabajo:

### **2.7.1 Microsoft Office Visio.**

Este software de la compañía Microsoft permite realizar diagramas para visualizar, explorar y comunicar información compleja. Los diagramas obtenidos pueden ser de oficinas, base de datos, flujo de programas, entre muchos otros. Si bien esta herramienta no fue creada para los diagramas de procesos de negocio, en su última versión, cuenta con los estándares de diagramas compatibles con BPMN como se menciona en el punto 2.4.2.

### **2.7.2 Microsoft Office Word.**

Este software permite el procesamiento de textos, la documentación de la información para su posterior comunicación. Dentro de las herramientas que posee Word, están las que permiten realizar diagramas para visualizar, explorar y comunicar información compleja. Esta herramienta permite el trabajo con complementos del software, que hacen posible la documentación de cualquier tipo de contenido de forma visual. Es gracias a esta herramienta, que el lector se transforma en tal.

### **2.7.3 Bizagi.**

Esta herramienta es un modelador de procesos. Bizagi corresponde a una herramienta gratuita que permite modelar, documentar y simular procesos, con gran agilidad para los negocios. Bizagi presenta dos productos complementarios, un modelador de procesos y una suite de BPM. El primero permite documentar, diagramar y simular procesos en bases a la notación estandarizada de BPMN, y el segundo, entrega una solución de BPM permitiendo a las empresas automatizar y ejecutar procesos. Este software permite modelar los procesos encontrados durante el desarrollo de la presente tesis, además de facilitar la comprensión de los procesos de forma global.

### **2.7.4 Sketchup**

Sketchup es un software de modelamiento en 3D, que permite realizar planos, simular procesos y que con el uso de complementos permite documentar la simulación física de un producto. La herramienta Green Sketchup, permite además realizar simulaciones del comportamiento térmico de artefactos y productos, cuestión que se aplica en la presente tesis, además de generar informes con dicho comportamiento. La representación gráfica de la realidad permite tener una visión global de soluciones implementadas sin que estas soluciones hayan sido llevadas a la realidad, permitiendo adelantar acciones al momento de la implementación. Este modelador permite observar implementaciones de vivienda en la presente tesis.

## **2.8 Conocimientos aplicados de la ingeniería.**

Durante el desarrollo de la solución de la presente tesis, se utilizan herramientas y conocimientos relacionados a distintas áreas del conocimiento. Sin estos conocimientos el desarrollo de la solución sería inviable e inválido. El desarrollo de soluciones que requieren cálculo de estructura o el cambio de los procesos en un sistema, requiere la aplicación de los siguientes conocimientos a lo largo del proceso de diagnóstico y de desarrollo de la solución.

### **2.8.1 Resistencia de los materiales**

La resistencia de materiales es una disciplina de la ingeniería industrial que estudia la mecánica de sólidos deformables mediante modelos simplificados. Las herramientas de esta ciencia pueden ser utilizados para el cálculo de la resistencia de metales según su forma, tipo de metal, resistencias a la torsión y tracción por cargas en trabajo con dichos materiales, para la presente tesis es útil en el trabajo con materiales como; madera, concreto y metales.

### **2.8.2 Mecánica de fluidos**

La mecánica de fluidos es una rama de la física que estudia el movimiento de los fluidos (gases y líquidos) así como las fuerzas que lo provocan. Estudia el movimiento de líquidos como el agua, su interacción y concentración a distintas temperaturas. Este conocimiento nos es útil para conocer el movimiento de los fluidos de los colectores solares, además del efecto sobre estos al aplicar distintos tipos de soluciones a la problemática.

## **CAPÍTULO III. Desarrollo del Trabajo de Título**

El presente capítulo trata acerca del levantamiento de información del proceso de instalación de paneles solares en obra, es decir se realiza un diagnóstico de la situación actual del proceso con el objetivo de identificar problemas y evaluar propuestas de mejora.

### **3.1 Levantamiento de la situación actual.**

#### **3.1.1 Descripción del proceso de habilitación para instalación de CST.**

A continuación, se presenta la descripción completa de los procesos de adjudicación de obras por parte de las PSAT o EGIS y la posterior instalación de colectores solares, a través de asignación de subsidios para la instalación de paneles solares térmicos en viviendas usadas bajo el PPPF del MINVU.

##### **3.1.1.1 Proceso de Postulación de proyectos de CST**

SERVIU Valparaíso, destina **recursos públicos** a la instalación de paneles solares a través de subsidios a las familias, con el PPPF. Estos recursos son ejecutados a través de proyectos directos, que las PSAT o EGIS envían a SERVIU para su adjudicación.

La habilitación de las empresas, para presentar proyectos al banco de proyectos de SERVIU, se da luego de la firma de un convenio marco, entre quienes gestionan el proyecto (EGIS o PSAT) y el SERVIU, quien actúa como ente gestor de los recursos necesarios para llevar a cabo dichos proyectos y como fiscalizador del cumplimiento de los proyectos aprobados.

Este convenio marco, explicita la postulación a programas en postulaciones individuales o grupales, regulados por los decretos supremos del Ministerio de Vivienda y Urbanismo N°174 de 2005, Fondo Solidario de Vivienda (FSV); N°145, de 2007, Sistema de Subsidio Habitacional Rural (SHR) y N°255, de 2006, Programa de Protección del Patrimonio Familiar (PPPF), siendo este último donde comienza el proceso de nuestro interés. como asimismo a las de la Resolución N°533, (V. y U.), de 1997, que Fija Procedimiento para Prestación de Servicios de Asistencia Técnica, y a las condiciones que se expresan en este convenio Marco. Según este convenio, las empresas que presenten proyectos deben hacerlo adjuntando una boleta en garantía, por el 10% del total honorario que corresponde a la empresa por el proyecto. Dicha boleta es pagadera a la vista, y debe ser pagada excediendo los 30 días a finalizados el plazo final de ejecución del proyecto presentado. Con una vigencia mayor a 6 meses, para el caso del SHR y el PPPF. Dicha boleta en garantía puede ser reemplazada por una boleta bancaria. Para el caso del PPPF, dicha boleta en garantía deberá ser entregada solo una vez seleccionado el proyecto que la motiva.

Una vez que no existen observaciones al proyecto, la empresa podrá cobrar dicha boleta en garantía, la que de exceder el tiempo de ejecución de obras y de vencimiento de la boleta,

podrá ser renovada solo 30 días antes de su vencimiento. En líneas generales, el convenio marco obliga a las empresas patrocinantes a velar por el correcto funcionamiento de los proyectos, conforme a las cartas de compromiso y convenio suscrito con los postulantes y futuros beneficiarios del proyecto, velando por la probidad e idoneidad de los encargados de cada área del proyecto. Cuestión que no se da en la mayoría de los proyectos, ocasionando entre otras razones, el problema planteado en esta tesis. Un punto a considerar dentro de este convenio, son las modificaciones a dicho programa, en que se obliga a informar a los beneficiados acerca de las modificaciones al proyecto, previo a su término, ya que los usuarios finales del beneficio no cuentan con conocimientos técnicos suficientes para determinar si una modificación es necesaria, suficiente, o acorde con los estándares de calidad mínimos que permitan por ejemplo el correcto funcionamiento en el largo plazo de equipos de eficiencia energética. Es así como en el cálculo de estructura de una vivienda, se pudo establecer cierta resistencia, que en la práctica no es tal. Obligando a la modificación en el proyecto, con la consecuente improvisación en la etapa de instalación de los colectores solares. Esto último es una de las causas de entrega de proyectos de baja calidad, que conllevan a posibles fallas en el funcionamiento de la instalación. Las Entidades Patrocinantes deberán acreditar que cumplen los requisitos de solvencia económica, capacidades técnico-profesionales y experiencia técnica para una de las categorías que se establecen en la Tabla 7 Montos de boleta en garantía y beneficiarios PSAT.

Fuente: Elaboración *propia*, la que determinará el monto de la boleta de garantía que deberán entregar al Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU), así como el número máximo de beneficiarios que pueden atender simultáneamente:

Categoría	Monto en UF – Boleta Garantía	Número Máximo Beneficiarios a atender simultáneamente	Requisitos Técnico – Profesionales		Experiencia Técnica Cantidad de beneficiarios atendidos
			Personas Jurídicas	Personas Naturales	
			Socios, Administradores, directores y/o Representantes		
Quinta	100	300	A lo menos uno debe contar con título Técnico o Profesional afín	Título Técnico o Profesional afín	0
Cuarta	200	600	A lo menos uno debe contar con título Técnico o Profesional afín	Título Técnico o Profesional afín	150
Tercera	350	950	A lo menos uno debe contar con título Profesional afín	No podrán acceder a esta categoría	300

Segunda	500	1.500	A lo menos dos deben contar con título Profesional afín	No podrán acceder a esta categoría	500
Primera	1.000	Sin Limite	A lo menos tres deben contar con título Profesional afín	No podrán acceder a esta categoría	1.000

Tabla 7 Montos de boleta en garantía y beneficiarios PSAT.  
Fuente: Elaboración propia

### 3.1.1.2 Responsabilidad de las PSAT:

A través del convenio marco, la PSAT o EGIS, asume **toda la responsabilidad** por el actuar de los profesionales, técnicos y administrativos designados por ella para operar ante el SERVIU. No pudiendo delegar, ceder ni eximirse de su responsabilidad respecto del comportamiento y de las actuaciones de dichas personas. Sin embargo, esto, según el diagnóstico y la encuesta aplicada y como se observa más adelante, queda supeditado al monto y conveniencia de las PSAT, sobre la boleta en garantía entregada.

La PSAT es responsable ante el SERVIU, en la planificación y ejecución de **3 etapas básicas:**

#### 3.1.1.2.1 Organización de la demanda y postulación de proyectos:

- Este proceso comprende llamados al programa del D.S. 255 (V. y U.), de 2006.
- El postulante debe aprobar el proyecto de mejora elaborado por la PSAT.
- La PSAT, debe asesorar al postulante en la contratación de la empresa instaladora, la que no podrá ser la misma que la PSAT, según las inhabilidades expuestas en el inciso sexto del artículo 4° de la Ley N° 19.886. Esto traspasa la responsabilidad de la instalación a la empresa constructora o instaladora, en cuanto a la ejecución directa de los trabajos.
- En casos que corresponda, la PSAT deberá asesorar al postulante en la obtención de créditos para el pago en la ejecución de obras.

#### 3.1.1.2.2 Gestión de proyectos e Inspección técnica de obras:

- En este proceso, la PSAT, deberá prestar servicios de ITO a los postulantes. Velado por la correcta ejecución de las obras. Esto según consta en la encuesta aplicada, no se cumple a cabalidad en todos los casos, llegando a discordancias entre la ejecución y la planificación de los proyectos de instalación de CST.
- Una vez por semana de obra, la PSAT en su rol de ITO, deberá visitar la obra, velando por el cumplimiento de esta, según el acta tipo proporcionada por SERVIU, la que debe ser firmada por el beneficiario del subsidio y el ITO.
- Dentro de los primeros 5 días hábiles de cada mes, la empresa debe informar por escrito a SERVIU, acerca del avance en cada obra, al último día hábil del mes anterior.

- Una vez finalizada la obra, la PSAT deberá certificar, según formato proporcionado por SERVIU, que las obras han sido ejecutadas correctamente, según el contrato de la empresa con los beneficiarios. Este debe contar con la aprobación de cada beneficiario, o del representante legal en proyectos colectivos.
- Es deber de la PSAT, el efectuar los trámites necesarios para el pago del subsidio, dentro del periodo de vigencia y con todos los antecedentes exigidos, paso que no presenta problema desde el punto de vista de las PSAT y el SERVIU, según la información recabada.
- Finalmente, la PSAT deberá presentar a SERVIU, un informe final de prestación de servicios de asistencia técnica, debiendo este informe ser aprobado por SERVIU.

### 3.1.1.2.3 Elaboración y ejecución del plan de ejecución social:

- Desarrollo de las actividades contenidas en el proyecto de habilitación social presentado y aprobado en el Banco de Proyectos.
- El pago correspondiente a este ítem se efectuará una vez realizadas las obras del proyecto, este pago se realizará a través de cupones a que se refiere el artículo 32 del D.S. N° 255, (V. y U.), de 2006.
- Los incumplimientos facultan a SERVIU, para el no pago de cupones pendientes, pudiendo incluso solicitar el cambio de prestador de servicio de PPPF, o entidad patrocinante.
- El pago de honorarios a las PSAT, pagados por cada familia, por proyectos en innovación de eficiencia energética son los que se muestran en el siguiente cuadro:

	<b>Tramos de Subsidio Título II PPPF</b>			
	<b>Subsidios Tramo 1</b>	<b>Subsidios Tramo 2</b>	<b>Subsidios Tramo 3</b>	<b>Subsidios Tramo 4</b>
Organización de la Demanda y Postulación de Proyectos	1,5	2	2	2,5
Gestión de Proyectos e Inspección Técnica de Obras	3	3,5	3,5	4

Tabla 8 cuadro de monto expresado en UF para subsidio título I PPPF.  
Fuente: RESOLUCIÓN N° 533, (V. y U.), de 1997 (D.O. de 05.11.97)

Una vez completadas las etapas de planificación por parte de la PSAT (Entidad patrocinante), y aprobado el proyecto, la empresa debe asesorar a los beneficiarios en la contratación de empresas dedicadas a la instalación de CST, deberá además cumplir con los puntos explicitados anteriormente, además de velar por el cumplimiento de las empresas instaladoras del proyecto aprobado.

## 3.2. Etapa de presentación de antecedentes del proyecto

Los proyectos de SST en viviendas de nueva construcción o en viviendas existentes, deberán presentarse en un expediente que contenga la información técnica mínima necesaria para su revisión por parte de SERVIU, conforme a lo establecido en el I.T. de SST MINVU.

Los documentos que componen el proyecto de SST, para su ingreso a SERVIU, debe considerar lo siguiente:

### **3.2.1 Antecedentes generales y económicos**

#### **Antecedentes Generales:**

- Datos del proyecto
- Carátula de postulación
- Contrato de construcción
- Listado de postulantes
- Memoria Explicativa (descripción de las obras a ejecutar)

#### **Antecedentes económicos:**

Se deberá presentar un presupuesto detallado por partidas, conforme al formato definido por SERVIU, que incorpore los equipos, componentes y materiales asociados a la instalación solar:

- Presupuesto de obras general y unitario por postulante
- Análisis de costos unitarios

### **3.2.2 Formato de Presentación de Proyectos**

El formato de presentación es parte integrante del expediente de postulación a los programas del MINVU y se debe presentar para cada vivienda que postule a la instalación de un SST, ya sea en una postulación individual o en una postulación colectiva, para vivienda nueva o existente. Este formato entrega información administrativa y técnica de la vivienda, su ubicación geográfica y los aspectos técnicos de los equipos que componen el SST, su instalación y partidas adicionales como el sistema de aporte auxiliar. Además, entrega el puntaje adicional final del proyecto, conforme a los parámetros establecido en la Resolución que llama a postulación. Es posible encontrar en la página web del MINVU ([www.minvu.cl](http://www.minvu.cl)), el formato de presentación y el procedimiento de llenado para la presentación de proyectos.

### **3.3 Actual funcionamiento según antecedentes técnicos**

Especificaciones Técnicas conforme al I.T.: El oferente del SST deberá presentar Especificaciones Técnicas completas y detalladas del cumplimiento de cada uno de los puntos indicados en el I.T. de SST del MINVU.

#### **Programa de mantención:**

El oferente del SST debe entregar un Programa de Mantención de la instalación solar, con los plazos y costos asociados, para conocimiento del usuario. En la actualidad, el programa de mantención se entrega acorde a las necesidades, sin embargo, la poca estabilidad de las

empresas hace difícil su cumplimiento, existe una gran cantidad de empresas formadas solo para la instalación y luego se disuelven, haciendo imposible las mantenciones en el mediano-largo plazo.

### **Memoria de Cálculo del SST**

A continuación, se analiza la memoria de cálculo del SST, conforme a lo indicado en I.T. de SST MINVU. Para verificar el cumplimiento de las exigencias de contribución solar mínima de los SST que deseen optar al beneficio tributario de la Ley 20.365, el Ministerio de Energía aprobó mediante la Res. Ex. N°502 del 30 de septiembre de 2012, la “Norma Técnica que determina algoritmo para la verificación de la contribución solar mínima de los Sistemas Solares Térmicos acogidos a la franquicia tributaria de la Ley N.º 20.365”.

El algoritmo para la verificación del cumplimiento de la contribución solar mínima exigida al SST tiene los siguientes datos de entrada:

- Información asociada a la comuna donde se ubica el SST, latitud media y zona climática.
- Factor modificador de la radiación incidente a una superficie inclinada
- Radiación solar global, media mensual y media anual, sobre superficie horizontal
- Radiación solar difusa, media mensual y media anual, sobre superficie horizontal
- Temperatura ambiente media mensual y media anual de la comuna
- Temperatura de agua de red media mensual y media anual de la comuna
- Orientación de los colectores solares térmicos (azimut)
- Inclinación de los colectores solares térmicos ( $\beta$ )
- Demanda diaria de agua caliente sanitaria (ACS)
- Volumen almacenamiento
- Superficie instalada de colectores solares térmicos
- Factor Global de Pérdidas (UL)
- Eficiencia Óptica del colector ( $n_0$ )

Para el ingreso de proyectos de SST a SERVIU, no se exige la presentación del desarrollo del algoritmo, sino de una **memoria de cálculo del SST**, conforme lo indica el I.T. de SST MINVU, además de la siguiente documentación:

- Declaración Jurada N°2 (DJ2).
- Cálculo de pérdidas por sombra.
- Impresión pantalla de salida del archivo Excel “Algoritmo\_ Fchart.xls.”.
- Composición del fluido de trabajo.
- Método de protección contra heladas.
- Protección de los componentes del SST instalados al exterior.

### 3.3.1 Funcionamiento del SST según norma

Tal como se describió de forma general en el Capítulo I, el SERVIU pone a disposición de los instaladores las herramientas descritas en el manual de sistemas solares térmicos, el que se da por conocido al momento de presentar proyectos, por parte de las empresas técnicas instaladoras. El manual técnico presenta la siguiente descripción para la instalación:

#### Descripción técnica:

Un sistema solar térmico (SST) corresponde a un conjunto de equipos y componentes que permite el aprovechamiento de la energía solar para la producción de ACS, para el consumo doméstico. Los proyectos de SST para el calentamiento del agua sanitaria en viviendas nuevas y existentes, financiados por MINVU, serán del tipo unifamiliar y de circulación natural o termosifón. Los sistemas de circulación natural o termosifón (también llamados sistemas pasivos) son aquellos donde el fluido de transferencia de calor circula en el circuito primario gracias al cambio de densidad producido por las diferencias de temperatura del fluido en el circuito. Las instalaciones solares térmicas se deberán ejecutar con un circuito primario y un circuito secundario independientes, evitándose cualquier tipo de mezcla de los distintos fluidos que pueden operar en el SST. No obstante, lo anterior, estarán exceptuados de esta exigencia los SST directos que cumplan con lo indicado en las letras a), b) y c) del artículo 11 del D.S. N° 331 de 2009, del Ministerio de Economía, que fija el reglamento de la Ley N° 20.365 del Ministerio de Hacienda.

El circuito primario va desde la captación hasta el intercambio de calor (dentro del depósito acumulador) y el circuito secundario va desde el intercambio de calor hasta la salida del Sistema de Aporte Auxiliar (SAA), como muestra la siguiente ilustración:

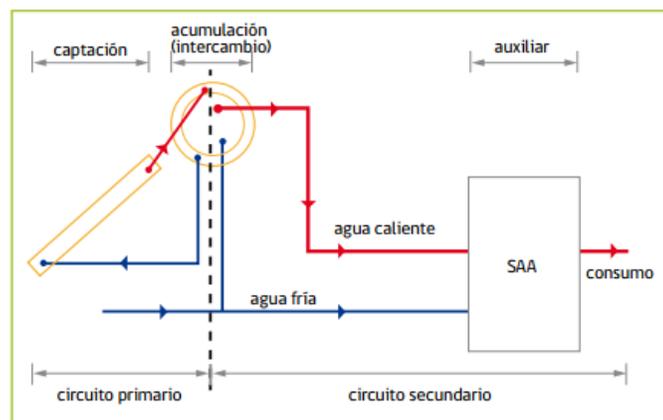


Ilustración 22 Instalación básica del CST y sus componentes de instalación.  
Fuente: Manual de Colectores Solares Térmicos, MINVU.

Los SST incluyen una serie de elementos necesarios para el correcto funcionamiento y control de la instalación. Todos los materiales del SST deberán soportar las máximas presiones de trabajo que puedan alcanzarse en el SST, así como, después de alcanzar la presión máxima, el SST debe volver a su forma normal de funcionamiento, sin que el usuario tenga que hacer ninguna actuación. Aquí se tiene dos tipos de SST:



Ilustración 23 Partes de los colectores, en su forma básica.  
Fuente: Manual de Colectores Solares Térmicos, MINVU.

El CST, ya descrito y especificado en el capítulo I, posee distintas conexiones al ACS, estas conexiones del CST deberán diseñarse de forma de asegurar un circuito hidráulico equilibrado, mediante conexiones cruzadas, es decir, entrada por abajo y salida por arriba en el extremo diagonalmente opuesto.

### **Orientación de la inclinación:**

Los colectores solares deben ser instalados de manera que aprovechen al máximo la radiación solar disponible. Se considerará como la orientación óptima el norte geográfico y la inclinación óptima con relación al plano horizontal, dependiendo del período de utilización, uno de los valores siguientes:

- Demanda constante anual: la latitud geográfica
- Demanda preferente en invierno: la latitud geográfica + 10°
- Demanda preferente en verano: la latitud geográfica – 10°

Desviaciones de la orientación (azimut de la superficie) de los colectores hasta 30° en relación con el norte geográfico, hacia el este o el oeste, son tolerables pues conllevan pérdidas de captación de la radiación solar, en media anual, menores que un 5%.

### **3.4 Condiciones de arquitectura y diseño de CST**

#### **3.4.1 Arquitectura:**

En viviendas de construcción nueva que incorporen SST se deben velar por la integración arquitectónica de la instalación. En su diseño se deben tener en cuenta los siguientes criterios:

- Planteamiento desde el principio del proyecto
- Solución de compromiso entre estética y diseño arquitectónico
- Condiciones del entorno
- Requisitos legislativos y normativos

##### **3.4.1.1 Factores para la integración arquitectónica:**

Condiciones urbanísticas y arquitectónicas.

- Diseño urbanístico
- Orientaciones principales
- Separación entre edificios

##### **3.4.1.2 Tipología de viviendas**

- Aisladas
- Pareadas
- Continuas

#### **3.4.2 Diseño de la vivienda**

Estas especificaciones deben ser consideradas en la etapa de diseño de la instalación de los paneles:

- Cubierta inclinada o plana, ligera o pesada.
- Orientación de la techumbre.
- Máxima insolación con orientación Norte.
- Desviaciones hasta 45°, efectos poco apreciables.
- Desviaciones superiores a 45°, no afecta significativamente en CST con poca inclinación, afecta más en CST con mucha inclinación. En cualquier caso, siempre se pueden y deben estudiar los efectos con programas de simulación (imprescindible para grandes desviaciones).
- Inclinación de la cubierta (si el colector se instala sobre ésta).
- La óptima estudiada para el colector solar, según lo indicado en el punto orientación e inclinación de los colectores.

### 3.4.2.1 Diseños estructurales

El diseño de estructura del SST debe considerar todos los elementos necesarios para la correcta instalación y el correcto funcionamiento a largo plazo de los CST. Se debe preparar la siguiente información:

- Estructura propia del SST.
- Estructura de techumbre de la vivienda.
- Si la ubicación del SST no es en techo, adjuntar planos y cálculo estructural de la solución propuesta.
- Si se usa estructura de soporte para mejorar la inclinación y orientación de los colectores solares respecto de las características del techo, el oferente del SST deberá presentar el proyecto de estructura firmado por un profesional competente.
- Diseño de las estructuras para condiciones de montaje y para condiciones de operación.

### 3.4.2.2 Estética visual

Es muy importante a la hora del diseño y la instalación es realizar el diseño considerando la estética de la instalación y la armonía con la vivienda:

- Incorporar con el estilo arquitectónico
- Buscar la alineación con los ejes principales
- Dar continuidad a la edificación

### 3.4.3 Factores para la optimización energética

- Disponer de la máxima insolación
- Optimizar orientación e inclinación
- Estudio de sombras
- Cercanía al sistema de apoyo y al consumo
- Recorrido y diseño hidráulico

### 3.4.4 Necesidades de operación y mantenimiento

- Prever necesidades de operación del usuario
- Actuaciones de vigilancia y sistemas de medida
- Controles básicos sencillos de ejecutar
- Prever necesidades de mantención
- Prever todas las operaciones: vaciado, preparación y llenado con anticongelante, purga, etc.

### 3.4.5 Criterios de accesibilidad

- Facilidad y simplicidad para el usuario

- Operaciones previstas para el mantenedor

### **3.4.6 Descripción del Colector Solar**

- Colector Solar plano
- Colector Solar de Tubo de Vacío

#### **3.4.6.1 Placa Característica**

Conforme a los Protocolos de Ensayos de DA y CST de la SEC, todo colector solar térmico, depósito acumulador y colector solar térmico integrado deberá llevar una placa característica, hecha en aluminio, ubicada en lugar visible con los siguientes datos:

- Marca
- Modelo
- Número de serie
- Lugar de procedencia

#### **3.4.6.2 Absorbedor**

Componente del colector solar, destinado a absorber energía radiante y transferir esta energía a un fluido en forma de calor. El absorbente está constituido por materiales metálicos, de diversas configuraciones, con revestimiento en color negro, en general tratado electroquímicamente para mantener sus propiedades ópticas inalterables con el paso del tiempo. En ningún caso podrá utilizarse un colector que posea un absorbente de acero galvanizado.

#### **3.4.6.3 Depósito Acumulador (DA) o Acumulador**

- Depósito que forma parte de un Sistema Solar Térmico, donde se acumula la energía térmica producida por el Colector Solar Térmico. El acumulador debe almacenar la energía producida por el colector solar térmico para cubrir la demanda en momentos de poca o nula radiación solar (p/e: en la noche o en la madrugada), y debe encargarse de la producción solar en momentos de poco o nulo consumo.
- Para asegurar la circulación natural, la parte inferior del depósito de acumulación deberá situarse por encima de la parte superior de los colectores solares.
- En SST indirectos la toma de salida de fluido caloportador hacia el colector provendrá desde la parte inferior de éste.
- El volumen del depósito de acumulación debe tener un valor tal que cumpla con la relación indicada en el numeral 1 del artículo 32 del D.S. N° 331 de 2009, del Ministerio de Economía.
- Los SST deberán llevar una válvula de retención (antirretorno), que impida que el agua del acumulador se pueda devolver por la línea de entrada de agua fría al DA.

- Los acumuladores deberán estar completamente aislados de forma tal de reducir las pérdidas de calor. El espesor mínimo del aislamiento debe cumplir con la relación indicada en el numeral 3 del artículo 32 del D.S. N° 331 de 2009, del Ministerio de Economía.
- El espesor mínimo del aislamiento estará dado por la siguiente ecuación:

$$e_{min} \geq 50 * \frac{\lambda}{0,04}$$

Ecuación 2 Espesor mínimo de aislamiento del depósito acumulador.

Fuente: Manual de Colectores Solares Térmicos, MINVU.

$e_{min}$  : espesor mínimo (mm)

$\lambda$ : conductividad térmica del material aislantes (W/mk)

En SST indirectos la toma de salida de fluido caloportador hacia el colector provendrá desde la parte inferior de éste.

La construcción interna del acumulador deberá cumplir con los siguientes requisitos:

- La alimentación de agua fría al acumulador solar deberá inyectar el agua directamente hacia la parte inferior. La extracción de agua caliente del acumulador solar se realizará por la parte superior del acumulador.
- En los acumuladores horizontales las tomas de agua caliente y fría estarán situadas en extremos diagonalmente opuestos de forma que se eviten caminos preferentes de circulación del fluido.

En la siguiente ilustración se aprecia el diseño interior de un Acumulador de ACS:

Depósito Acumulador (doble camisa)

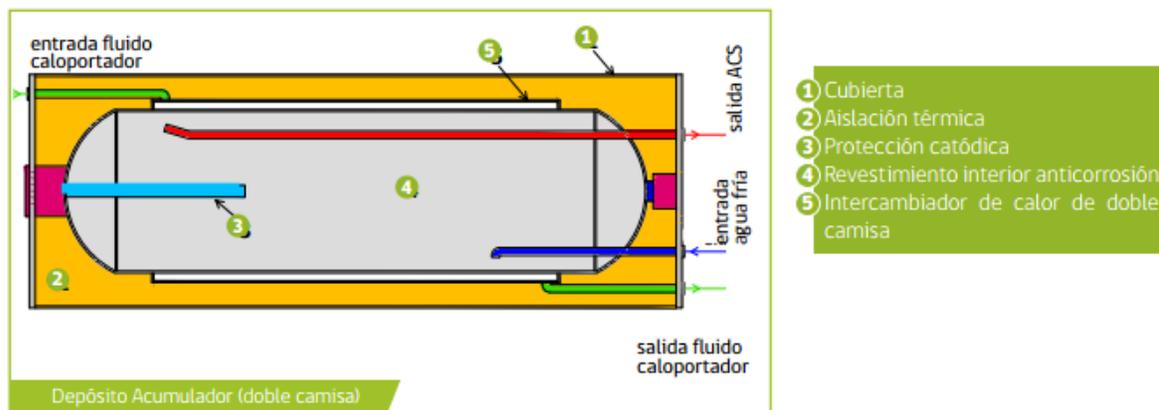


Ilustración 24 Diseño de construcción del estanque acumulador.

Fuente: Manual de Colectores Solares Térmicos, MINVU.

### 3.4.6.4 Intercambiador de calor

Clasificación de los SST por el tipo intercambio de calor, según cómo se transfiere el calor del fluido caloportador al agua de consumo, los SST se pueden clasificar en dos tipos:

#### a) Directo

En un SST directo, el fluido de transferencia de calor que circula en el circuito primario es la misma agua de consumo, como muestra la siguiente ilustración:

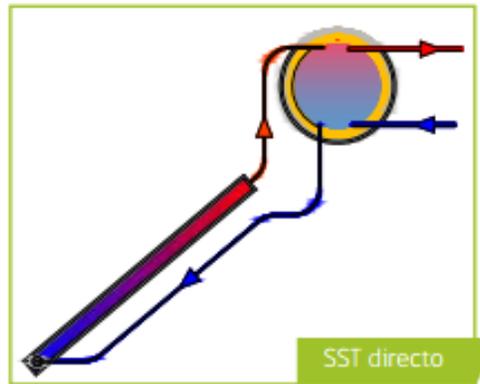


Ilustración 25 Sistema solar térmico con flujo directo.  
Fuente: Manual de Colectores Solares Térmicos, MINVU.

#### b) Indirecto

En los SST indirectos, el fluido de transferencia de calor que circula en los colectores transfiere el calor para el agua de consumo a través de un intercambiador de calor y corresponde a una mezcla de agua con anticongelante, como muestra la siguiente ilustración:

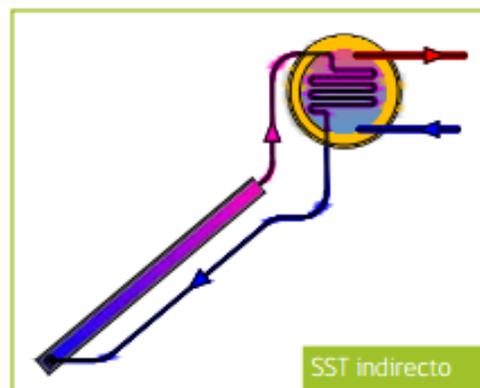


Ilustración 26 Sistema solar térmico con flujo indirecto.  
Fuente: Manual de Colectores Solares Térmicos, MINVU.

### 3.4.6.5 Estructura de soporte

Las estructuras de soporte de los colectores deberán cumplir las siguientes condiciones generales de instalación:

- La estructura de soporte deberá tener suficientes puntos de sujeción del colector, y deberá permitir dilataciones térmicas, sin que se produzcan flexiones en el colector que comprometan su integridad.
- El cálculo y diseño de la estructura de soporte de los colectores se debe realizar mediante un proyecto estructural, el cual deberá ser adjuntado a la propuesta y firmado por un profesional habilitado en el área de cálculo estructural.
- Todos los materiales de la estructura de soporte deberán contar con protección contra la acción de los agentes ambientales, en particular contra el efecto de la radiación solar y la acción combinada del aire y el agua (especialmente en ambientes de tipo marino o salino), a modo de ejemplo se pueden considerar como tales, el acero galvanizado o la pintura anticorrosiva de tipo epóxica.



Ilustración 27 Modelo básico de estructura de soporte para CST.  
Fuente: Manual de Colectores Solares Térmicos, MINVU.

### 3.4.6.6 Tuberías

En los SST indirectos, las tuberías del circuito primario no podrán ser de PPR, PEX, PVC ni de ningún polímero o goma que no soporte una temperatura constante de 100°C, una presión constante de 3 BAR y con estas condiciones tener una vida útil superior a 5 años. Las conexiones de las tuberías entre ellas o con otros elementos del circuito deberán soportar las temperaturas y presiones máximas del circuito primario.

El aislamiento de las tuberías a la intemperie deberá llevar una protección externa que asegure la durabilidad ante las acciones climatológicas y de animales, cuidando que no queden en contacto elementos metálicos de distinta composición que pudiesen generar oxidación galvánica. El aislamiento no dejará zonas visibles de tuberías o accesorios, quedando

únicamente al exterior los elementos que sean necesarios para el buen funcionamiento y operación de los componentes. El espesor mínimo de aislamiento térmico de las tuberías instaladas en el interior y exterior de la vivienda, que transporten ACS debe cumplir con las relaciones indicadas en la letra b. del artículo 35, del D.S. N° 331 de 2009 (Reglamento Ley 20.365) del Ministerio de Economía.



Ilustración 28 Aislamiento térmico de tuberías de CST.  
Fuente: Manual de Colectores Solares Térmicos, MINVU.

Calculo de grosor de aislación térmica por tipo de instalación de tuberías:

**Tubería instalada en el exterior de la vivienda**

$$e_{min} \geq d * \frac{\lambda}{0,04} * 0,75$$

Ecuación 3 Grosor de Tubería en exterior de la vivienda  
Fuente: Manual de Colectores Solares Térmicos, MINVU.

**Tubería instalada en el interior de la vivienda**

$$e_{min} \geq d * \frac{\lambda}{0,04}$$

Ecuación 4 Grosor de Tubería en interior de la vivienda  
Fuente: Manual de Colectores Solares Térmicos, MINVU.

### 3.4.6.7 Cálculos de Pérdidas por Sombra

Las pérdidas por sombras (PS) se expresan en porcentaje y corresponde al porcentaje de la radiación solar global que no incide sobre la superficie del colector solar debido a obstáculos, respecto del total de radiación que incidiría de no existir sombra. Su valor se debe calcular usando el procedimiento establecido en el punto 2.11 de la Norma Técnica de la Ley 20.365.

Constituye un dato relevante para el cálculo de la contribución solar del SST. Se debe indicar en el Formato de presentación de proyectos de SST MINVU y es un dato de entrada del archivo Excel “Algoritmo\_Fchart.xls”.

La selección de la ubicación de los SST de pequeño tamaño se recomienda sea realizada de forma que no tenga problemas de sombra en ninguna parte de la superficie de captación durante todo el año y normalmente serán instalaciones cuyas PS siempre deberían adoptar el valor cero. En esos casos y para la verificación de las pérdidas por sombra (conforme lo exige el I.T. MINVU) se puede indicar las características y dimensiones de los obstáculos y justificar que no hay obstáculos ni frontales ni laterales de la forma indicada a continuación:

Para las sombras frontales (obstáculos que en planta forman un ángulo con el norte inferior o igual a 45°), se establece que la distancia ( $df$ ) entre la parte baja y anterior del colector y un obstáculo frontal, que pueda producir sombras sobre la misma será superior al valor obtenido por la expresión:

$$df = k * hf$$

Ecuación 5 Cálculo de distancia entre parte baja y anterior de un SST con obstáculo frontal.  
Fuente: Manual de Colectores Solares Térmicos, MINVU.

### 3.4.6.8 Protección de los componentes del SST instalados al exterior

Este punto es muy relevante, considerando el tipo de fallas que se dan en el mediano plazo en las estructuras de los colectores solares, que es parte importante de esta tesis.

La estrategia para la protección de los distintos componentes de la instalación solar expuestos a la intemperie deberá considerar las condiciones climáticas del lugar dónde se ubique la vivienda, como la humedad ambiente, temperatura ambiente, oscilación térmica, contenido salino del aire, entre otras. Este tipo de protección es utilizada contra la acción de agentes ambientales, en particular contra el efecto de la radiación solar (rayos UV) y la acción combinada del aire y el agua; Las estructuras de acero deberán protegerse mediante galvanizado por inmersión en caliente, pinturas orgánicas de zinc o tratamientos anticorrosivos equivalentes; Lo mismo vale para la tornillería y piezas auxiliares, o bien serán de acero inoxidable.

## 3.5 Obras de instalación en terreno

Una vez presentados los antecedentes, la licitación se adjudica a una de las PSAT postulantes, mediante una comisión de evaluación de las propuestas, compuesta por **funcionarios calificados del SERVIU**. La empresa firma el contrato de las obras y sus compromisos y se da paso a la instalación de los paneles solares térmicos.

Cada empresa instala los paneles solares dependiendo de sus propios métodos internos, las empresas se encargan de generar el diseño de instalación, el que se adecua también dependiendo de las mismas capacidades de las PSAT. Como se describe en el punto 3.1, **cada ítem es gestionado por la PSAT**, no siendo esta la encargada directa de la instalación de CST. Es necesario especificar que, al momento de instalar, los técnicos encargados de cada área trabajan directamente para la empresa constructora o de instalación, quien se encuentra en obra. La fiscalización de este corresponde a la PSAT, quien visita las obras **solo una vez por semana**, entregando informes a SERVIU, acerca de la calidad y el avance de los trabajos solo **una vez por mes**, dentro de los 5 primeros días del mes siguiente. Los antecedentes presentados son los de avance de obras al último día del mes siguiente, durante el proceso, la empresa instaladora a través de los técnicos, puede realizar cambios pequeños, pero significativos en la vida útil de los colectores, lo que repercute en la calidad, cuestión que solo se sabe al momento de la falla, debido a falta de prolijidad en la fiscalización por parte de la PSAT, la falta de conocimientos

del beneficiario del subsidio y la falta de prolijidad en la información convenida entre la empresa instaladora y la PSAT.

### **3.6 Inspección y recepción de obras de SST**

SERVIU dispone de fiscalizadores de obras, que se encargan de vigilar el correcto desarrollo de la etapa de instalación, el cumplimiento de especificaciones técnicas y el cumplimiento de los plazos. Este inspector se encarga de fiscalizar no solo los proyectos de CST, sino de **todas las obras que se llevan a cabo con recursos del SERVIU**.

La inspección técnica de obras se encarga de generar informes, los que son utilizados para la generación de observaciones y la posterior generación de soluciones a dichas observaciones. El proceso de inspección deberá ser ejecutado de tal forma que la revisión debe permitir comprobar que “lo instalado” se corresponde con “lo proyectado”, según lo informado en las Entidades patrocinantes, a través de planos y otros documentos que se encuentren en obra. La ley 20.703, 2013. Se encarga de regular a los inspectores Técnicos de obras y revisores de proyectos de cálculo estructural, tanto para la DOM, como para el SERVIU. La inspección del proceso de instalación desde la entrega de documentación por parte de las PSAT, hasta la recepción de obras, utiliza los formularios que se encuentran en el ANEXO I.

#### **3.6.1 Procedimiento de inspección:**

El procedimiento de inspección se divide en las siguientes etapas:

- Comprobación de los componentes y materiales
- Inspección de la correcta ejecución en terreno
- Verificación del correcto funcionamiento
- Recepción

#### **3.6.2 Procedimiento de recepción de obras de SST:**

El SST será recepcionado funcionando, incluyendo toda la estructura soportante y los refuerzos estructurales pertinentes. **Las mediciones y pruebas para la recepción del SST deberán ser realizadas por la empresa contratista, en presencia del ITO e inspector SERVIU**. Se procederá al acto de Recepción de Obras de la instalación, con lo que se da por finalizado el montaje del SST, una vez que:

1. La instalación se encuentra totalmente terminada y funcionando,
2. Se ha entregado toda la documentación al usuario.
3. Se ha realizado la inspección y las verificaciones del correcto funcionamiento Se deberá generar un acta de entrega, la cual se firmará únicamente contra comprobación del perfecto funcionamiento del SST.

Se deberá adjuntar, además, el acta de inspección efectuada por el ITO y el registro con los datos de funcionamiento. Se dejará constancia de todos los ensayos realizados para las comprobaciones del correcto funcionamiento con resultados satisfactorios.

### 3.7 Modelamiento de la situación actual.

Las siguientes ilustraciones, corresponden al modelamiento de la situación actual, utilizando el software de BPM Bizagi. En el anexo XII, Tabla 23 Simbología de BPMN Bizagi.

Fuente: Elaboración propia. Se presenta un cuadro explicativo de la simbología del software, para su lectura y comprensión:

Como se menciona anteriormente, para conformar una entidad patrocinante, deben cumplirse una serie de requisitos, en la siguiente ilustración se encuentra el proceso de conformación de una entidad patrocinante EGIS o PSAT:

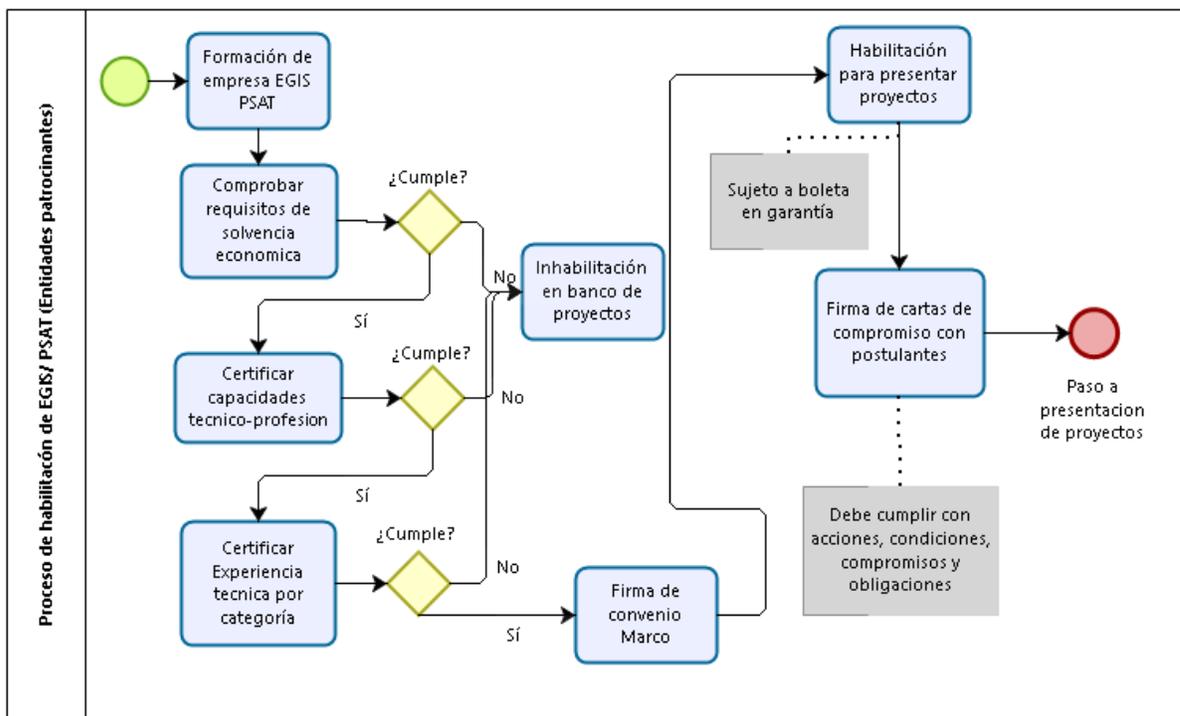


Ilustración 29 Proceso de formación de Entidades patrocinantes, según información MINVU.

Fuente: Elaboración propia

Una entidad patrocinante, elabora proyectos, los que luego presenta a SERVIU, la siguiente figura ilustra el proceso que debe seguir la entidad patrocinante para elaborar y luego presentar dichos proyectos:

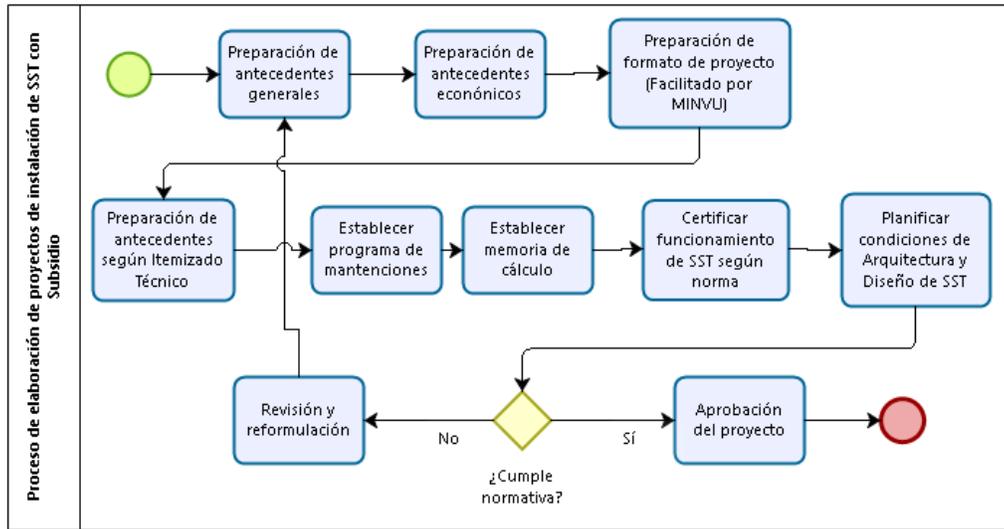


Ilustración 30 Proceso de formulación de proyecto de instalación de SST.  
Fuente: Elaboración propia.

El proceso global de subsidios SERVIU modelado actualmente, se muestra en la siguiente ilustración, incluyendo todos los participantes, desde la solicitud de postulación, hasta luego de finalizada la ejecución de los proyectos:

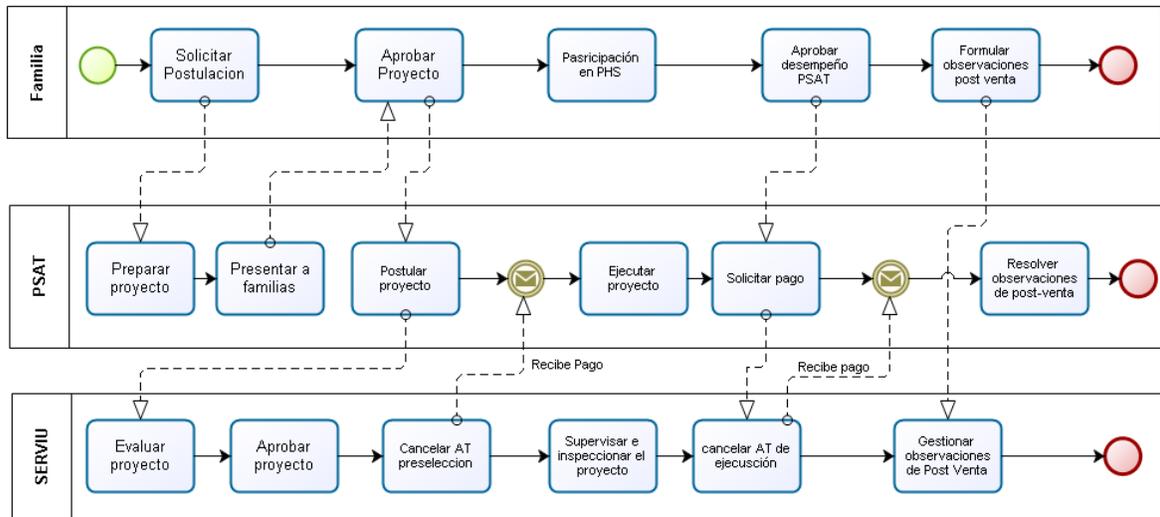


Ilustración 31 Proceso global de proyectos con subsidio MINVU.  
Fuente: Informe final PPPF (MINVU, 2011).

### 3.7.1 Evaluación de la situación actual

A continuación, se diagnostica la situación actual de los procesos descritos anteriormente. Para determinar sus puntos críticos se realizó una entrevista con expertos del SERVIU y una encuesta (Anexo II), a empresas PSAT de la región de Valparaíso, con estos

antecedentes y opiniones de expertos en gestión de proyectos de instalación de SST en viviendas sociales, se evaluará los procesos críticos en el sistema y el diagnóstico en base a dicha encuesta, se realizará una evaluación en base a dichas herramientas, una validación de modelos y una descripción de beneficios y costos asociados:

### **3.7.1.1 Indicadores de situación actual**

Con el propósito de investigar el proceso actual, en el anexo II, se formula una encuesta, para conocer los puntos críticos en el proceso, de los que se obtiene la siguiente información, en análisis del proceso general:

#### **a) Beneficiario Subsidio:**

- Solicitud de postulación: Depende de las necesidades de cada sector. Las personas se organizan de forma colectiva o independiente, para nuestro caso de estudio, quedan fuera del análisis las viviendas nuevas que cumplen con las normativas del FSV, ya que cuentan con elementos estructurales que permiten una correcta instalación de colectores solares térmicos.
- Aprobación del proyecto: Las familias no cuentan en general con elementos técnicos para evaluar proyectos, las entidades patrocinantes guían dicha evaluación según beneficios al postulante.
- Participación en el plan de habilitación social: Según estándar presentado por SERVIU (Anexo I).
- Aprobación de desempeño de la PSAT: Evaluación según funcionamiento y estándar presentado por SERVIU (Anexo I).
- Formulación de observaciones post venta: No existe seguimiento de observaciones directo, por poca capacidad de ITO, conocimientos técnicos de las familias y falta de interés en el funcionamiento, en el largo plazo.

#### **b) PSAT:**

- Preparación de proyecto: Cumple en un 100% los requerimientos SERVIU en preparación de proyectos. Proyectos que no cumplen, no son aprobados.
- Presentación de proyecto a familias: Cumple en un 100% los requerimientos SERVIU, las familias deben firmar cartas de compromiso y contratos (en su defecto el representante legal), en que se certifica que las familias conocen del proyecto y sus especificaciones. Los proyectos que no cumplen con esta etapa a cabalidad no son aprobados.
- Postulación de proyecto: Las empresas postulan proyectos en el banco de proyectos de SERVIU estando validadas por este para tales efectos, con requisitos como entrega de boleta de garantía como se explica en el punto 3.1.1.1, conforme a la firma de compromisos, y cumplimiento en el proyecto del Itemizado, el proyecto postula y es aprobado cumpliendo con todas las especificaciones solicitadas por SERVIU.
- Ejecución de proyecto: El proceso de ejecución se lleva a cabo según las especificaciones del proyecto, sin embargo, estará a cargo de una empresa externa, distinta de la entidad

patrocinante, SERVIU, y el beneficiario del subsidio. Estas tareas en el proceso no se cumplen a cabalidad, encontrándose con las siguientes fallas en el proceso de ejecución:

- Evaluación de cálculo estructural: Existen fallas no cuantificadas de evaluaciones de cálculo estructural de viviendas usadas, que califican como viviendas sociales, respecto de su resistencia al peso de colectores solares térmicos sobre cubierta. Esta carga varía entre los 240 y los 350 Kg.
- Fallas en estructura soportante: Según la opinión de expertos, existe una discordancia entre el diseño de la estructura soportante, y el diseño de la vivienda social usada, debido a diversos factores como pendientes, capacidad de soporte de carga, material de sujeción entre el techo y la estructura soportante, lo que imposibilita en el mediano-largo plazo, el correcto funcionamiento del SST. Por lo general, las estructuras soportantes, son estandarizadas, desde fábrica, adecuadas al CST, por lo que la adecuación de estos soportes a la estructura de la vivienda varía con cada proyecto individual.
- Este punto es de especial interés en esta tesis, ya que es el que provoca la mayor cantidad de fallas, no solo en el SST, sino en la estructura de la vivienda.
- Utilización de materiales de forma incorrecta: Los materiales especificados en la memoria de cálculo, cumplen con la normativa de uso, sin embargo, su utilización al momento de la instalación (tratamiento del material), varía con cada instalador, por lo que la utilización de un mismo material en dos colectores puede variar en su funcionamiento en el tiempo, debido a la diferente pericia del instalador. Esto se ha comprobado visualmente por expertos del SERVIU, sin embargo, no se cuenta con una cuantificación de fallas en todos los colectores solares instalados de Valparaíso.
- Programa de mantenimiento: Este se elabora a través de la entidad patrocinante, sin embargo, las mantenciones son realizadas por empresas externas, las que han tenido, según entrevista con expertos del SERVIU, una importante inestabilidad en el mercado. Empresas que cierran sus operaciones, con compromisos pendientes de mantención, no cumplen con lo señalado en el programa de mantención, dejando inoperativos los colectores por falta de cuidados en el colector, las fallas por falta de mantención no se encuentran cuantificadas, por cuanto las mantenciones y las fallas se notan en el mediano largo plazo, estas instalaciones son relativamente nuevas, sin embargo, se tiene certeza del no cumplimiento a cabalidad de los programas de mantención.
- Arquitectura y diseño estructural: Como se mencionó anteriormente, existen 4 entes participantes en el proceso de instalación de colectores solares térmicos a través de subsidio. Las familias, el SERVIU, las EGIS o PSAT y las empresas constructoras o instaladoras de dichos CST. Es en estos últimos que se delega la responsabilidad de la instalación, la que, a pesar de tener a los otros tres participantes, como fiscalizadores del proceso, poseen fallas en el proceso de adecuación y de instalación, que tienen como consecuencia fallas en el funcionamiento de la implementación, y discrepan de lo manifestado y esperado en el proyecto.
- Diseño Estructural: Como se explicó en el punto 3.3, en el apartado de soporte del CST, la estructura debe considerar puntos de soporte, considerando dilatación térmica. Debe ser un profesional quien mediante un proyecto de cálculo estructural certifica la compatibilidad, cuestión que en teoría es aceptada, pero que, al momento de la instalación por parte de la

empresa instaladora, no es siempre posible, derivando en adecuaciones. Además de la utilización de materiales aptos para soportar las condiciones ambientales.

- Como se comprueba de manera visual, existen discrepancias entre la ejecución de los proyectos y lo planteado en el proyecto, y las especificaciones de SERVIU. En la siguiente imagen de una instalación de colector solar térmico en Valparaíso, se puede observar que el colector y el captador solar, se encuentran orientados contrarios a la orientación solar:



Ilustración 32 Imagen de instalación de CST. Diferencia de sombras.  
Fuente: Artículo de subsidios de CST, noticias Quilpué.

- Estética Visual: Este es uno de los aspectos poco considerados al momento de la instalación, el impacto en el estilo arquitectónico de viviendas, su alineación con los ejes principales y la continuidad en la edificación. Es importante considerar la proporción en el diseño arquitectónico, que en viviendas de pocos metros cuadrados se hace difícil. Según opinión de expertos del SERVIU, muchas veces se da que: “En vez de parecer una vivienda con un colector solar en la cubierta, parece un colector solar con una vivienda abajo”. SERVIU ha constatado casos extremos.



Ilustración 33 CST instalado sobre vivienda, afectando la estética solicitada en Itemizado.  
Fuente: Noticias regionales del 11 de dic del 2014, MINVU Valparaíso.

- **Criterios de accesibilidad:** Los usuarios reciben un manual de uso, para aprovechar de la mejor manera el potencial de su CST. Horarios de uso, capacidad de salida de ACS, conocimiento del tiempo de puesta a punto de la temperatura, capacidad del colector, entre otras informaciones, son puestas a disposición de las familias, para facilitar su uso. El mal uso se da en casos aislados, en que el usuario no ha comprendido las capacidades informadas, o por desconocimiento responsabilidad del mismo usuario. Las falencias se dan al momento de falla en del CST, y el procedimiento para hacer valer la garantía y la posterior solicitud de reparación del sistema, se ha constatado que los usuarios desprecian el costo oportunidad por la no reparación, como son volver al uso de gas o de otra fuente de energía para obtener ACS. En casos conocidos, no documentados se ha incurrido en reparaciones por parte del mismo usuario, poniendo en riesgo el funcionamiento correcto del colector, por no contar con conocimientos técnicos suficientes. En este punto cabe destacar que las empresas existentes como PSAT, empresas instaladoras (de las existentes), sí participan en procesos de reparación y mantención. Es el usuario informado quien solicita la reparación según la vigencia de las garantías. Existen casos conocidos de empresas que por alguna razón desaparecen, dejando a los usuarios sin respuesta frente a fallas posteriores a la recepción de los sistemas.

En este proceso, quienes realizan la mantención, son considerados en los criterios de accesibilidad, tanto para la obtención de información técnica, por parte de la empresa instaladora, como en el proyecto, para las futuras mantenciones. El proceso funciona correctamente cuando se solicitan reparaciones o mantenciones, en empresas que cumplen las garantías presentadas en el proyecto.

- **Estructura de soporte:** Las empresas instaladoras, reciben el CST con una estructura de soporte diseñada para un estándar de viviendas, y acorde a las especificaciones técnicas, y de medidas relacionadas al colector y a la zona donde se instalan dichos colectores. Como

se mencionó en el punto 3.3, en el apartado de estructura de soporte. La estructura estandarizada, debe cumplir con tener puntos de sujeción y considerar dilataciones térmicas, y cumplir con un proyecto estructural firmado por un profesional habilitado. Además de la utilización de materiales que consideren factores ambientales.

Es en este sentido que según opinión de expertos y técnicos, se ha encontrado dificultades debido a que a pesar de contar con un proyecto de cálculo que considera la vivienda y sus condiciones de arquitectura en Valparaíso, existe una incompatibilidad entre la estructura de soporte del colector y los distintos tipos de estructura de la vivienda, entre otras razones por; la forma de los techos, el soporte de carga en la estructura de techo, el soporte de cargas a nivel de cimientos, precariedad en las viviendas, etc.

Como se puede observar en la imagen siguiente, el colector solar ha sido habilitado en una zona a ras de suelo, en un cerro de Valparaíso. Como se puede observar, la vivienda no cuenta con una estructura capaz de soportar las cargas del colector. El colector está instalado de una manera no convencional, lo que conlleva posibles pérdidas de temperatura debido a la modificación en el largo de las tuberías. Es de considerar además la pérdida de espacio útil, ya que se destina al menos 1m<sup>2</sup> de terreno a la instalación del CST, espacio que podría ser utilizado de otra manera.

Al momento de instalar la estructura de soporte, debe considerarse las pendientes manifestadas en la memoria de cálculo, para permitir el correcto funcionamiento del colector.

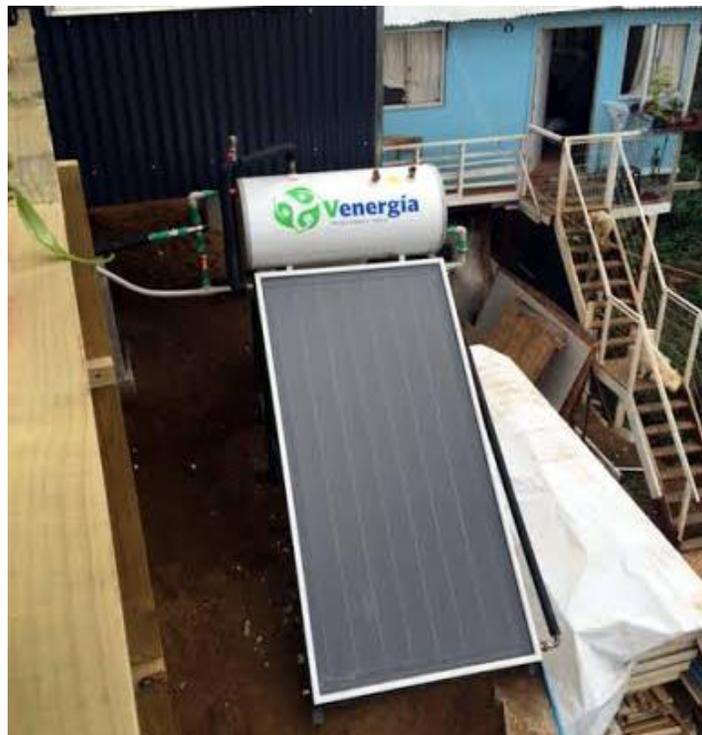


Ilustración 34 Instalación de CST adecuado al cerro en Valparaíso.

Fuente: Imágenes página web empresa Venergia.

- Inspección de obras: Las empresas deben realizar una inspección en las obras cada una semana. Dentro de los 5 primeros días al mes siguiente desde la última inspección, cada empresa debe presentar a SERVIU un informe de avances en las obras. La empresa es responsable de fiscalizar las obras de instalación que las empresas contratadas para la instalación realicen.
- Solicitud de pago: Una vez aprobado el proyecto, ejecutadas y finalizadas las obras, sin observaciones por parte de SERVIU y recibidas conforme por las familias beneficiadas, la empresa solicita el pago pendiente de las obras y la devolución de las boletas en garantía.
- Resolver observaciones de post venta: La empresa asume la responsabilidad en un determinado plazo, según el proyecto presentado, a resolver dudas posteriores a finalizada la ejecución del proyecto. Por lo general las dudas recibidas, esto según manifiestan algunas empresas, tienen que ver con especificaciones de funcionamiento, dudas de horarios de uso, entre otros.

**c) SERVIU:**

Las etapas

- Evaluar proyecto: Una vez ingresado un proyecto al banco de proyectos de SERVIU, este realiza una revisión respecto de los elementos requeridos en sus procedimientos. Revisados los elementos administrativos y técnicos, el proyecto es rechazado o aprobado.
- Aprobar proyecto: Dado el cumplimiento de los elementos reglamentarios, SERVIU aprueba el proyecto, dando paso al pago de asistencia técnica de preselección
- Cancelar asistencia técnica preselección: Una vez aprobado el proyecto, SERVIU realiza el primer pago a la EGIS o PSAT, dando paso al comienzo en la ejecución de las obras.
- Supervisar e inspeccionar el proyecto: SERVIU cuenta con inspectores técnicos de obra, quienes fiscalizan el proyecto, en cuanto a la ejecución y el cumplimiento de los elementos administrativos comprometidos en el proyecto por la entidad patrocinante. Cabe destacar que, según la opinión de los expertos de SERVIU, los recursos humanos son limitados, frente a la gran cantidad de proyectos, no solo en instalación de colectores, sino de otras obras relacionadas a subsidios, las inspecciones son las mínimas. Esta supervisión, de realiza además a través de los informes que presenta mensualmente la entidad patrocinante. Por lo que se determina como mínimo una inspección cada mes de obra.
- Cancelar asistencia técnica de ejecución: Una vez realizadas la recepción de obras, SERVIU realiza el pago de la asistencia técnica de ejecución, o pago de la ejecución del proyecto.
- Gestionar observaciones de post venta: De las observaciones que realizan los distintos entes participantes, es SERVIU quien debe velar por que estas observaciones posteriores a realizado el proyecto, sean contestadas.

### 3.7.2 Validación de la situación actual

En la Tabla 9 Resumen de los resultados del levantamiento, situación actual.

*Fuente: Elaboración propia.* se puede apreciar un resumen de los resultados obtenidos en la información recabada anteriormente, los procesos analizados corresponden la globalidad del proceso de subsidios SERVIU. Se considera un periodo útil para este tipo de proyectos, de 90 días:

Proceso	Recurso más utilizado	Recurso menos utilizado	Tiempo mínimo	Tiempo máximo	Periodo común	Tarea con mayor tiempo promedio	Tarea con menos tiempo promedio
<b>Solicitud de postulación</b>	Gestor PSAT	SERVIU	0 días 2 hr	5 días	2 días	Búsqueda de PSAT	Presentar solicitud
<b>Aprobación de proyecto</b>	Jefe de Hogar postulante	SERVIU	0 días 2 hr	0 días 4 hr	0 día 3 hr	Lectura de proyecto y resolución de dudas	Aportes directos al proyecto
<b>Participación en PHS</b>	Jefe de Hogar postulante	SERVIU	Todo el proyecto	Todo el proyecto	Todo el proyecto	Inspección Visual	Presentación de observaciones
<b>Aprobación de desempeño PSAT</b>	Jefe de Hogar postulante	SERVIU	0 días 1 hr	1 día	0 día 2 hr	Inspección visual y pruebas	Presentación de observaciones
<b>Observaciones Post Venta</b>	Jefe de Hogar postulante	Variable	Periodo de garantía	Periodo de garantía	Periodo de garantía	Variable, redacción.	Variable, recepción de respuesta.
<b>Preparación de proyecto</b>	Gestor o PSAT	Empresa de instalación	1 día	30 días	5 días	Gestionar solicitudes de familias y recolección de firmas	Redacción de proyecto
<b>Presentación de proyectos a familias</b>	Gestor o PSAT	SERVIU	1 día	2 días	1 día	Presentación en oficina de partes SERVIU y resolución de dudas	Registrar dudas y aportes
<b>Postulación de proyecto</b>	Ingeniero o técnico habilitado	Jefe de Hogar postulante	0 días 2 hr	1 día	0 días 3 hr	Trámite administrativo	N/A
<b>Ejecución de proyecto</b>	Empresa de instalación	Variable	1 día	60 días	Variable	Ejecución directa	Modificaciones al proyecto
<b>Solicitud de pago</b>	Gestor o PSAT	Jefe de Hogar postulante	0 días 2 hr	1 día	0 días 3 hr	Trámite administrativo	N/A
<b>Resolver postventa</b>	Gestor o PSAT	Gestor o PSAT	Periodo de garantía	Periodo de garantía	Periodo de garantía	Variable, redacción.	Variable, recepción de dudas.
<b>Evaluar proyecto</b>	Comisión técnica evaluadora SERVIU	Jefe de Hogar postulante	0 días 2 hr	10 días	5 día	Lectura de proyecto	Evaluación directa

<b>Aprobar proyecto</b>	Comisión técnica evaluadora SERVIU + MINVU	Jefe de Hogar postulante	1 día	30 días	1 día	Lectura de proyecto y evaluación de nivel de cumplimiento	Firma de aprobación Ministro de vivienda
<b>Pago AT preselección</b>	Control administrativo	Jefe de Hogar postulante	30 días	30 días	30 días	Trámite administrativo	N/A
<b>Supervisar e inspeccionar proyecto</b>	ITO SERVIU	Gestor o PSAT	Todo el proyecto	Todo el proyecto	Todo el proyecto	Medición e inspección visual y llenado de formularios	Entrega de formularios
<b>Pago AT ejecución</b>	Control administrativo	Jefe de Hogar postulante	30 días	30 días	30 días	Trámite administrativo	N/A
<b>Gestionar Postventa</b>	OIRS	Gestor o PSAT	Periodo de garantía	Periodo de garantía	Periodo de garantía	Variable.	Variable, recepción de dudas.

Tabla 9 Resumen de los resultados del levantamiento, situación actual.

Fuente: Elaboración propia.

A partir de lo anterior se puede mencionar que, **las familias** postulantes cumplen con sus funciones durante todo el proceso general, en participación directa. En paralelo la primera etapa de postulación, es la que más tiempo dedicación requiere en el proceso, ya que esta etapa necesita de levantamiento de información, comprobación de cumplimiento de requisitos, entre otros, así la aprobación de proyectos y aprobación desempeño, requieren solo de horas (máximo 3), existen procesos que pueden dilatarse, tanto en la participación en la instalación, paralelo a las demás etapas, y en las observaciones post venta, que varía dependiendo de las necesidades de cada familia:

1. **Postulación:** Proceso directo entre el Postulante y la PSAT, en que esta última levanta procesos y realiza coordinaciones y gestiones, este proceso requiere cumplir con los requisitos de postulación fijados por el SERVIU, ahorro mínimo de 3 UF. El tiempo de postulación luego de realizado el ahorro no lleva más de 5 días, siendo común el realizarlo en 2 días. El costo por organización de demanda y postulación de proyectos es de 1.5, 2, 2 y 2.5 UF para los tramos I, II, III y IV respectivamente.
2. **Aprobación del proyecto:** Proceso directo entre el Postulante y la PSAT, en que esta última presenta el proyecto, según el levantamiento de la información del proceso anterior. Este proceso no tiene costo para los postulantes, y ocupa solo algunas horas, entre la presentación del proyecto y el visto bueno de los postulantes, requiere el llenado de formularios facilitados por MINVU.
3. **Participación en el PHS:** Proceso de participación incluida la ejecución del proyecto no tiene costos para los beneficiarios. En este proceso tienen participación los 3 entes (Familia-PSAT-SERVIU).
4. **Aprobación de desempeño:** Este proceso es breve para cada beneficiario, demora un máximo de 2 horas, requiere llenado de formularios, los que son presentados a SERVIU.

5. **Observaciones de post venta:** El presentar observaciones de post venta es un proceso simple, directo entre el beneficiario, PSAT y el SERVIU como ente gestor de las observaciones, el proceso para las familias demora máximo 2 horas, sin embargo, el proceso queda abierto hasta el final de la garantía y el periodo de observaciones, ya que este es variable.

**La PSAT** participa en todo el proceso del proyecto, la etapa que mayor tiempo directo requiere es la de preparación del proyecto, que incluye la organización de la demanda y la postulación del proyecto, como procesos con 1 ítem de pago. Luego la gestión del proyecto y la inspección técnica de obras significan otro ítem de pago.

6. **Preparación del proyecto:** Este proceso, dependiendo de la cantidad de postulantes, puede demorar hasta 30 días, por la complejidad de organización de la demanda, el promedio de preparación es de 5 días, para empresas que instalan colectores solares. Incluye la gestión, el levantamiento de información y la redacción del proyecto. Además de la firma de compromisos y convenios con las familias.
7. **Presentación a familias:** Se realiza una presentación, en que se resuelven dudas con las familias. Por la complejidad de atender a una gran cantidad de postulantes, el proceso podría demorar hasta 2 días. El periodo normal es de dedicación de 1 día a la presentación, resolución de observaciones y obtención de las firmas de los postulantes dando visto bueno al proyecto.
8. **Postulación:** Se presentan los formularios y proyectos al SERVIU es un proceso que utiliza máximo 3 horas de trámite administrativo. Es en esta etapa, en donde una vez aprobado el proyecto, se procede al pago de prestaciones a la PSAT en cuanto a “Organización de la demanda” y “Postulación de proyecto”, el pago por estas etapas es de 1.5, 2, 2 y 2.5 UF para los tramos I, II, III y IV respectivamente, por cada familia que solicita ser incluida en el proyecto.
9. **Ejecución:** En esta etapa es donde la PSAT cumple su rol de fiscalización e inspección respecto de las obras llevadas a cabo por la empresa de instalación. Dependiendo de la cantidad de postulantes, el proceso de instalación puede demorar hasta 60 días. Esta es una de las etapas con mayor variación, ya que el ente es externo y no siempre se adapta a lo que el proyecto solicita. Por la gestión del proyecto y la inspección técnica de obras el pago es de 3, 3.5, 3.5 y 4 UF para los tramos I, II, III y IV respectivamente.
10. **Solicitud de pago:** Esta etapa del proceso, demora máximo 1 día, siendo normal solo el retiro de cheques y vales, y su cobro en no más de 3 horas.
11. **Resolver observaciones:** Este proceso es variable, dependiendo del tipo de consulta, que por lo general se resuelve por entes técnicos. Estas respuestas no demoran más de 1 hora. Sin embargo, el periodo de respuestas es variable, por lo general tiene duración mientras dure la garantía.

**SERVIU** participa durante todo el proyecto. Indirectamente facilitando requisitos, reglamentos, normas, formularios y otros, previo a la presentación del proyecto. Directamente desde la recepción de proyectos, hasta la gestión de observaciones. Para SERVIU el costo de los proyectos viene dado por los tramos de subsidio de aporte a las familias, como se mencionó en la Tabla 5 de la presente tesis.

12. **Evaluar proyecto:** La evaluación del proyecto pasa por distintas etapas y entes, dentro de la caja negra de SERVIU. Se realiza una comprobación de los antecedentes de la PSAT, y su capacidad de ingresar proyectos al banco de proyectos, proceso que puede demorar incluso meses, en el periodo de habilitación. Suponiendo que la PSAT se encuentra habilitada, el experto en eficiencia energética evalúa el proyecto, según el Itemizado técnico correspondiente, para luego de constatada la información proceder a su aprobación. Esta evaluación, dependiendo de la cantidad de familias postulantes, los montos entre otros, demora un máximo de 10 días hábiles, con un promedio de 5 días hábiles en periodo de recepción de proyectos.
13. **Aprobar Proyecto:** Este proceso consta de la revisión de antecedentes, y la firma de aprobación. Luego de terminada la evaluación, puede conseguirse la firma de aprobación en un periodo máximo de 1 día.
14. **Pago AT Selección:** En este proceso participa la PSAT como solicitante de pago y SERVIU que demora un aproximado de 30 días para realizar el pago, una vez aprobado el ítem. Esta demora en el pago se debe a la burocracia en el sistema de pagos, y los controles internos necesarios para su aprobación. Los pagos son de 1.5, 2, 2 y 2.5 UF para los tramos I, II, III y IV respectivamente. Corresponde a la organización de la demanda y presentación de proyecto.
15. **Supervisión e inspección de proyecto:** Durante todo el proyecto, SERVIU supervisa e inspecciona obras a través de un ITO. La supervisión corresponde al área administrativa y de ejecución de obras, las que se realizan por una empresa constructora habilitada. La inspección se realiza entre SERVIU y la PSAT conjuntamente. El periodo de supervisión es durante todo el proyecto, que puede llegar a demorar meses, dependiendo de la magnitud del proyecto. La etapa de supervisión in-situ no demora más de 1 día. Corresponde al pago de la gestión e inspección por parte de PSAT y de instalación a la empresa constructora.
16. **Pago AT ejecución:** SERVIU procede al pago de la ejecución del proyecto, que es solicitado por la PSAT y pagado directamente según lo especificado en el proyecto, a la empresa constructora. El pago demora un aproximado de 30 días desde finalizadas las obras. Este pago cierra el ítem de pagos.
17. **Gestión observaciones post venta:** Los beneficiarios presentan dudas a través de la PSAT o SERVIU, estos últimos cumplen el rol de gestionar dichas dudas, las que poseen un periodo de respuestas no mayor a 1 mes, mientras se encuentre habilitado el periodo de garantía.

### 3.7.3 Beneficios y costos de la situación actual

Los beneficios y costos asociados al proceso actual son:

- **Beneficios:** Los controles de los distintos procesos permiten destinar los recursos de manera equitativa entre los interesados de participar en proyectos. Además, se permite una diferencia en cuanto a la destinación de recursos por zona, lo que permite amortiguar los costos de acceso a tecnologías de energías renovable. Se establecen puntos de control y fiscalización necesarios para reducir al mínimo las fallas en la instalación y en la gestión de

recursos, además como este proyecto se encuentra en un marco social, permite la llegada de recursos a personas de escasos recursos, obligando la participación de estos a través de los ahorros obligatorios.

La separación del proceso entre los 3 entes, definidas sus funciones, facilita la toma de decisiones de cada participante, además de establecer las responsabilidades administrativas previas a la ejecución.

- **Costos:** Los costos asociados al proceso, para financiamiento por cada colector instalado son los siguientes:

Aporte de las familias: Ahorro mínimo de 3 UF

Aporte de SERVIU: según tabla de aportes en UF por proyecto.

La siguiente tabla, muestra los aportes de subsidio, para cada tramo, según el tipo de programa que se desee implementar:

Tramo	Título I	Título II	Título III					
	Proyecto de Equipamiento comunitario y/o Mejoramiento del entorno	Proyecto de mejoramiento de la Vivienda	Proyecto de ampliación de la vivienda (Casa)			Proyecto de ampliación de la Vivienda en altura (Departamento)		
			Viviendas de hasta 8 m2	Viviendas de más de 8m2 y hasta 26 m2	Viviendas de más de 26 m2	Viviendas de menos de 25m2	Viviendas de entre 25m2 hasta 45m2	Viviendas de más de 45m2
1	12	50	225	279-(m2 vivienda x 6,75)	90	295	545-(m2 construidos x 10)	95
2	13	55	235	289-(m2 vivienda x 6,75)	100	310	560-(m2 construidos x 10)	110
3	14	60	255	309-(m2 vivienda x 6,75)	120	330	580-(m2 construidos x 10)	130
4	16	65	270	324-(m2 vivienda x 6,75)	135	350	600-(m2 construidos x 10)	150

Tabla 10 Subsidio en UF de SERVIU por proyecto y tramo.

Fuente: Decreto Supremo 255, 2006 - MINVU.

- **Aportes extras:** Son los aportes gestionados por la PSAT o las familias para el cumplimiento de las metas del proyecto.

El costo, puede obtenerse de las tablas de precio de SERVIU, tanto para precios de PSAT, como para precio de productos. El precio en pesos por cada colector se da en la siguiente tabla:

	Colector Solar Térmico			Colector Solar Térmico		
	160 litros			250 litros		
Colector Solar	39,85	UF	\$ 1.010.118	30,93	UF	\$ 784.014
Gestión de demanda	1,5	UF	\$ 38.022	1,5	UF	\$ 38.022
ITO PSAT	3	UF	\$ 76.044	3	UF	\$ 76.044
Instalación y M.O.	8,65	UF	\$ 219.260	17,57	UF	\$ 445.364
<b>Total Costos</b>	<b>53</b>	<b>UF</b>	<b>\$1.343.444</b>	<b>53</b>	<b>UF</b>	<b>\$ 1.343.444</b>
Ahorro mínimo	3	UF	\$ 76.044	3	UF	\$ 76.044
Subsidio V Región	50	UF	\$ 1.267.400	50	UF	\$ 1.267.400
<b>Total ingresos</b>	<b>53</b>	<b>UF</b>	<b>\$1.343.444</b>	<b>53</b>	<b>UF</b>	<b>\$1.343.444</b>

Tabla 11 Costos de instalación de CST.  
Fuente: Tabla de costos de CST de SERVIU

### 3.8 Oportunidades de mejora por proceso

Con el objetivo de reducir fallas en el proceso de evaluación de viviendas y ejecución de proyectos e incrementar la eficiencia y la eficacia en las instalaciones de CST, a continuación, se identifica los factores críticos dentro del proceso general de proyectos de PPPF, enfocados en proyectos de innovación energética e instalación de CST. Basándose en la información previa, entrevistas con profesionales y técnicos, además de la encuesta aplicada, se determinó que los procesos que presentan mayor índice de problemas son los relacionados a la ejecución de obras debido a una **mala evaluación inicial de viviendas, específicamente en el cálculo estructural de viviendas y su compatibilidad con la instalación de estructuras soportantes de CST**, debido a que las viviendas no cumplen a cabalidad con los estándares y a que los colectores poseen una estructura estándar incompatible con todos los tipos de vivienda de la región de Valparaíso.

Las oportunidades de mejora en el proceso se encuentran mayoritariamente en la participación de las PSAT y las empresas constructoras. La fiscalización y propuesta administrativa y de inspección realizada por SERVIU, requiere de modificaciones que fortalezcan la gestión de las PSAT y SERVIU. Además, las PSAT deben contar con herramientas técnicas para subsanar el problema de las fallas en la instalación de colectores solares, mayoritariamente en problemas estructurales, de los que no existe una estadística, sin embargo, la importancia de la vivienda obliga a proponer una solución concreta en un problema de altísima relevancia.

De la información trabajada en la presente tesis se puede obtener que:

Las PSAT, deben trabajar con entes distintos de esta entidad para la ejecución de obras, sean empresas de construcción o de instalación, habilitadas por SERVIU. Estas deben adaptar sus procesos de ejecución de obras a la planificación de las entidades patrocinantes. Se ha constatado que en la etapa de planificación existe acuerdo respecto de la ejecución futura, sin embargo, en esta última debe enfrentarse contingencias, que afectan la calidad de las

instalaciones. Es una oportunidad de mejora el acordar un **nuevo método de trabajo** que permita afrontar dichas contingencias en etapas previas a la ejecución.

Como se mencionó en la etapa de identificación del problema, existe una discrepancia entre la arquitectura de la ciudad de Valparaíso y el estándar de soportes de CST, por lo que se hace necesaria la incorporación de nuevos procesos, elementos y herramientas técnicas que permitan la instalación de colectores solares térmicos en viviendas sociales que no cumplan con los estándares, buscando así la desaparición de este tipo de fallas. Para este ítem se hace necesaria la participación de un **ente externo** al proceso, que evalúe las viviendas y su capacidad de soportar cargas por instalación de CST. Cabe mencionar que la evaluación corresponde a las PSAT, a través de un profesional que depende de las mismas, por lo que estas pueden incurrir en faltas o fallas al momento de evaluar. Esto hace necesaria la incorporación al proceso de un ente externo, sin intereses creados con los participantes directos, que evalúe de manera independiente la vivienda y sus capacidades, para la ejecución de obras en ella.

De los principales problemas en el proceso Global, que afectan el cálculo estructural, se tiene:

- **Aprobación del proyecto por parte de las familias:** La información que se entrega a las familias, es entregada de manera incompleta y conveniente, por lo que las familias evalúan el proyecto desde el punto de vista de los beneficios, sin conocer a cabalidad las implicancias de la instalación.
- **Formulación del proyecto por parte de las PSAT:** Existe una oportunidad de evitar fallas, si al momento de incorporar los elementos técnicos a la memoria, se cuenta con asesoría por parte de un ente profesional, validado y externo al proceso, que coordine inclusive a las empresas constructoras o de instalación, respecto de los métodos de instalación y uso de materiales, previo compromiso de trabajo en la ejecución. De esta manera al momento de ejecutar las obras, las modificaciones que se realicen al proyecto original se minimizarán. Además, existe una oportunidad de mejora, al considerar aspectos del cálculo estructural, y elementos de instalación poco frecuentes, al momento de instalar la estructura de soporte para los colectores solares. Esto evitará fallas por cargas sobre la estructura de la vivienda.
- **Ejecución del proyecto por parte de las PSAT:** La ejecución del proyecto debe considerar el método de cálculo estructural, sin embargo, al momento de ejecutar las obras, estas deben adaptarse, por lo que es una oportunidad de contar con nuevos elementos, herramientas, métodos y materiales, para evitar ejecuciones forzadas al cumplimiento de las metas del proyecto.
- **Evaluación del proyecto por parte de SERVIU:** Es una oportunidad el considerar los elementos necesarios a proponer, para evitar fallas al final del proceso del proyecto de instalación de CST, a considerar por parte de la PSAT en la formulación.
- **Supervisión e inspección técnica por parte de SERVIU:** Es una oportunidad para SERVIU, el estandarizar los problemas que surjan de la ejecución, aportando con nuevos métodos de instalación, consideración de materiales, herramientas y procesos.

De lo anterior se observa que los principales problemas en el proceso de instalación de CST con subsidio SERVIU tienen relación con:

**a) Responsables del proceso:**

Según la información recabada en la presente tesis, las antiguas EGIS se encuentran en retirada, ya que el proceso propuesto por SERVIU requerirá solo de PSAT, esto obliga a realizar revisiones respecto de las responsabilidades y los participantes en el proceso, frente a garantías o instalaciones comprometidas. Como ejemplo: una de las EGIS que se ubicaba en Plaza Justicia N°45, Oficina 406, Valparaíso, ya no existe y se constató que presenta compromisos pendientes con familias y SERVIU. Esto frente a fallas de instalación hace necesario replantear las responsabilidades de las empresas prestadoras de Servicio de asistencia técnica, además de informar respecto de dichas responsabilidades a los beneficiarios de los subsidios.

Es necesario reconsiderar además las responsabilidades de los profesionales ligados a las PSAT, respecto de la evaluación de viviendas en su capacidad de soportar los distintos tipos de implementación, ya que estas evaluaciones no son idóneas en la totalidad de los casos de viviendas evaluadas, esta evaluación es realizada por entes que se ven beneficiados directamente, por lo que existe un conflicto de intereses en la evaluación, siendo esta última la que da origen a fallas en estructuras de vivienda.

**b) Método:**

Existen problemas en el método de evaluación de estructura de viviendas, es por ello por lo que se ha encontrado las fallas y problemas ya manifestados en el punto 3.6 de la presente tesis. Esto ha llevado a aprobar proyectos de instalación de CST sobre techo de viviendas sociales que no están aptas para recibir dichas cargas, o para soportar la instalación de componentes del sistema. Lo que provoca fallas en el sistema de CST.

**c) Materiales:**

Respecto de los materiales que se consideran en la actualidad, existe una normativa que establece el tipo de materiales a utilizar, considerando que estos deben responder y resistir a condiciones climáticas específicas, esto incluso según el Itemizado técnico, sin embargo, frente a condiciones de vivienda, el componente soportante anclado al elemento estructural, no posee una compatibilidad con todas las viviendas consideradas como sociales, o certificadas por las PSAT para resistir la instalación de soluciones de eficiencia energética. Es por ello por lo que se hace necesario considerar el agregar dichos elementos técnicos al Itemizado SERVIU, además de considerar esto en futuros proyectos.

**d) Información:**

Según la información recabada en la presente tesis, las personas beneficiadas se interesan en la instalación de CST, ya que presenta un atractivo de inversión y ahorro en el largo plazo, sin embargo, dejan de considerar aspectos como la capacidad de las viviendas. Es por

ello por lo que se hace necesario capacitar a las familias, no solo en cuanto al uso y beneficios, sino también respecto de los requerimientos técnicos básicos, de modo de informar correctamente respecto de las implicancias que tiene para la estructura de la vivienda instalar dichos colectores.

De la entrevista realizada con las empresas PSAT se desprende además la necesidad de contar con un sistema de información en línea que permita el trabajo con información actualizada para los distintos actores en el proceso de ejecución de subsidios.

## Capítulo IV. Propuestas de solución

### 4.1 Propuestas de solución por ítem

A partir de los análisis anteriores se concluye que para el correcto funcionamiento de la instalación de CST a través de subsidios de SERVIU, se requiere reestructurar procesos específicos, desde la formulación, hasta la ejecución de proyectos. Por lo tanto, se desarrollan las siguientes propuestas, a nivel de:

#### a) Responsabilidades en el proceso:

Respecto de la responsabilidad en la toma de decisiones del proyecto, existe una debilidad respecto de la gestión de los proyectos y la evaluación de capacidades que da origen a la ejecución de obras, por cuanto las evaluaciones de capacidad **son realizadas por empresas o profesionales con conflictos de interés dentro del sistema**. La incorporación de un ente externo como la Universidad de Valparaíso en la evaluación de viviendas que da origen a los proyectos entregará garantías respecto de una idónea y correcta evaluación de las estructuras. Además, fortalecerá la validez de las garantías por parte de las empresas PSAT o EGIS que dejen de existir.

La propuesta de solución se centrará en la evaluación de la vivienda, por parte de profesionales del área de la ingeniería de la Universidad de Valparaíso. Los profesionales de la Universidad cuentan con todas las capacidades y herramientas técnicas, para brindar una evaluación correcta y exacta respecto de la estructura de las viviendas. Se propone además que profesionales del área de la construcción, sean los entes evaluadores de la implementación de dichas soluciones. Cabe mencionar que la evaluación de las viviendas dará paso a 2 casos: el primero en que **la vivienda cumple con los requisitos**, implementando el sistema tradicional. Y el segundo en que **la vivienda no cumple con los requisitos**, buscando implementaciones y ejecuciones alternativas.

Como se constata en el diagnóstico, existen empresas PSAT o EGIS que dejan de funcionar, lo que trae consigo problemas al momento de determinar las responsabilidades. Esto puede seguir ocurriendo, sin embargo, lo que da origen a los problemas más serios al momento de hacer valer garantías o responsabilidades, tiene que ver con el origen de los proyectos: **La etapa de evaluación de viviendas**. Es por ello por lo que, al agregar como participante del proceso a la Universidad de Valparaíso, se establece un nuevo responsable del proceso de evaluación, por lo que a grandes rasgos; la entidad patrocinante será responsable de la ejecución y mantenciones, el beneficiario del uso y mantención del colector, el SERVIU de la fiscalización y gestión de los recursos y la Universidad de Valparaíso de la **evaluación y fiscalización de las obras**. Siendo este último el punto en que la Universidad de Valparaíso y SERVIU, deben actuar como ITO de manera obligatoria e independiente, dejando la participación del ITO de la PSAT, opcional a esta última.

### b) Método:

Para esta propuesta se debe diferenciar los procesos y subprocesos, del proceso global. Se realizará propuestas al método de formulación de proyecto en la etapa inicial del proceso global, para así entender quienes participan en la actualidad de dicha etapa, ya que se propone la incorporación de un nuevo participante del proceso de evaluación de viviendas. También se propone ampliar el proceso general en cuanto a la toma de decisiones y la dependencia de un proceso hacia otro, además de la incorporación de la solución técnica planteada tanto en método como administrativa, al nuevo proceso propuesto.

En la preparación del proyecto por parte de la PSAT, se propone incorporar la evaluación estructural en un ente externo de los 3 participantes en el proceso original. La propuesta contempla incorporar a la Universidad de Valparaíso, como ente evaluador de la capacidad de la vivienda para soportar la carga de un colector solar, y por tanto la capacidad de implementar dicha solución de eficiencia energética. Este nuevo ente externo al proceso actual, se encargará de velar por una correcta evaluación del cumplimiento de la vivienda y el soporte de cargas, evitando efectos adversos a la estructura de los hogares que implementen la innovación de eficiencia energética (CST), para ello se propone que todas las viviendas sociales, sean evaluadas según la clasificación del siguiente recuadro, en que según la evaluación de un profesional de la Universidad de Valparaíso, determine la capacidad de la vivienda según los rangos A-B y C, para soportar la implementación de CST. Luego las que se encuentren fuera de la clasificación A-B y C, esto es E-F-G y K, deban evaluarse para la implementación de una solución técnica distinta a la utilizada en la actualidad, y que se propondrá más adelante. Aquí la clasificación de las construcciones en Chile:

Código	Estructura soportante predominante
<b>A</b>	Acero. Entrepisos de perfiles de acero o losas de hormigón armado.
<b>B</b>	Hormigón armado o con estructura mixta de acero con hormigón armado. Entrepisos de losas de hormigón armado.
<b>C</b>	Albañilería de ladrillos de arcilla, piedra, bloque de cemento u hormigón celular. Las albañilerías pueden ser simples, armadas o reforzadas. Los entrepisos pueden ser de losas de hormigón armado o entramados de madera.
<b>E</b>	Madera. Se incluyen en esta clase las construcciones con paneles de madera, de fibrocemento, de yeso cartón o similares, incluidas las tabiquerías de adobe. Entrepisos de entramados de madera.
<b>F</b>	Adobe, en la cual la fachada principal puede ser de albañilería. Se consideran también en esta clase las construcciones con estructura en base a tierra-cemento o materiales livianos aglomerados con cemento. Entrepisos de entramados de madera.
<b>G</b>	Construcción liviana con estructura soportante metálica, generalmente de un piso. Acero galvanizado de hasta 1,6 mm de espesor.
<b>K</b>	Construcción con estructura soportante de placas o paneles monolíticos de hormigón liviano, fibrocemento, paneles de poliestireno expandido con malla de acero galvanizado o similares.

Tabla 12 Tabla de clasificación de las construcciones.  
Fuente: Tabla de la clasificación de las construcciones del SII.

En cuanto al método para el proceso general, se propone la participación de la Universidad de Valparaíso en la **evaluación del proyecto**, a través del intercambio directo de información con SERVIU y las PSAT. Esta información, a solicitud y propuesta de algunas de las entidades patrocinantes entrevistadas, hace necesario el intercambio directo de información para evitar problemas en evaluaciones metódicas, repetitivas y fallidas (por no ser consideradas) en el rendimiento de las PSAT. Esta evaluación debe ser obligatoria, cuando existan dudas respecto de la evaluación de estructura, permitiendo a un ente externo (Universidad de Valparaíso), evaluar de forma independiente los procesos, respecto de observaciones presentadas. Se contempla y propone, además, el incorporar dentro del subproceso de la PSAT y la evaluación de la Universidad, el evaluar la estructura incorporando la propuesta de solución técnica que se plantea más adelante, a través de profesionales de la Ingeniería Civil Industrial, respecto de procesos, y profesionales del área de la construcción, para la ejecución de obras.

Dentro del proceso de evaluación, SERVIU deberá considerar las propuestas planteadas anteriormente, siendo estas sometidas respecto del componente de carga en viviendas, procesos y elementos que presenten dudas respecto de su efectividad. Esta consideración se debe realizar respecto de viviendas que cumplen con la capacidad de soportar instalaciones de la manera tradicional, como de viviendas que no cumplen con la capacidad y deban implementar una nueva solución técnica.

Como se menciona en el levantamiento de la situación actual, la supervisión se realiza de 2 formas: La primera es a través de la revisión de los formularios e informes del ITO de la PSAT, estas se realizan una vez por semana, sin embargo, son informadas solo una vez al mes, dentro de los primeros 5 días del mes siguiente a la última evaluación. La segunda es a través de la visita directa en las obras, por parte del ITO de SERVIU. Se propone incorporar como ITO a profesionales de la Universidad de Valparaíso, que estos trabajen como supervisores de obra, aumentando la periodicidad de las revisiones, y complementando o reemplazando a los ITO de los participantes del proceso original.

### **c) Materiales:**

Si bien los componentes y materiales utilizados se encuentran normados y especificados en el Itemizado técnico, además de la lista de precios que se aprueba cada año por SERVIU para la utilización de materiales y componentes, existe una manera poco explorada en nuestro país, para implementar la instalación con un soporte más adecuado, sin depender de la estructura de la vivienda, cuando esta no cumpla con la capacidad de soporte de carga necesarios para los SST.

La siguiente ilustración muestra la incorporación de un SST, de manera tradicional, cuando la vivienda cumple con los estándares y según la evaluación correcta de un profesional está habilitada para soportar cargas:

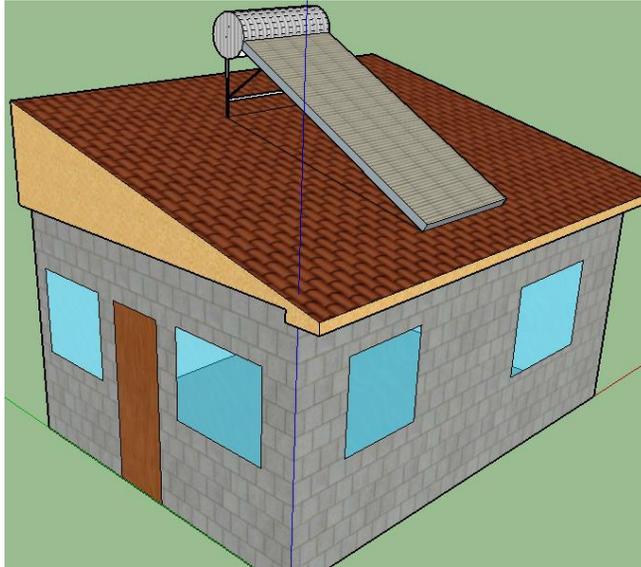


Ilustración 35 Simulación de vivienda soportando carga de colector correctamente.  
Fuente: Elaboración propia a través de Sketchup

Cuando existen viviendas que no son capaces de soportar dicha carga, a evaluación de un profesional, es posible implementar la solución que se propone a continuación:

A través de un sistema de Viga-Columna, de materiales aptos para soportar la carga, es posible la instalación de un CST en cubierta o techo como muestra la siguiente figura, donde se presenta una simulación de la instalación de un sistema a piso, esto puede variar dependiendo del tipo de vivienda, pero en general es factible la instalación en viviendas sociales unifamiliares y multifamiliares de hasta un piso de altura.

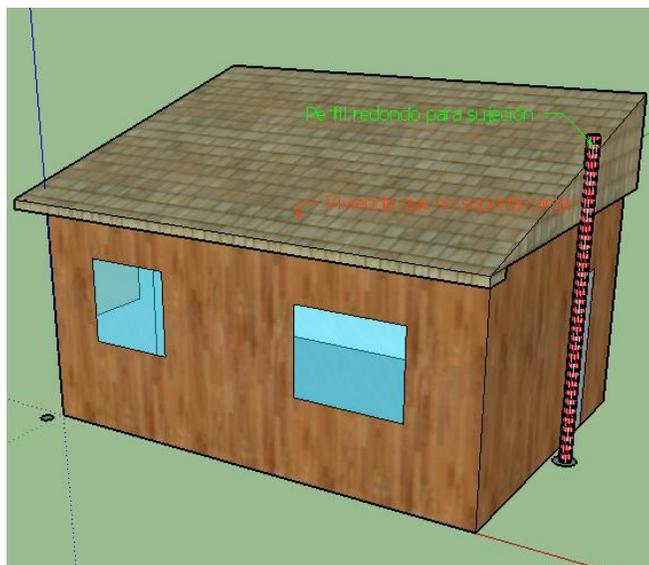


Ilustración 36 simulación de vivienda que no soporta carga, con soporte.  
Fuente: Elaboración propia a través de Sketchup

En la siguiente ilustración, se presenta la solución que transmite la carga directo al piso, a través de una columna y una viga que soportará directamente la carga del colector o la mayor parte de este. Considerando que la carga de un colector solar puede llegar a los 250 kilogramos por el peso del agua que se encuentra al interior del acumulador, sumado al mismo peso del colector que para viviendas tiene un peso máximo de 90 kilogramos, sumando así una carga de 340 kilogramos fuerza, se debe considerar una solución que soporte dicho peso como máximo:

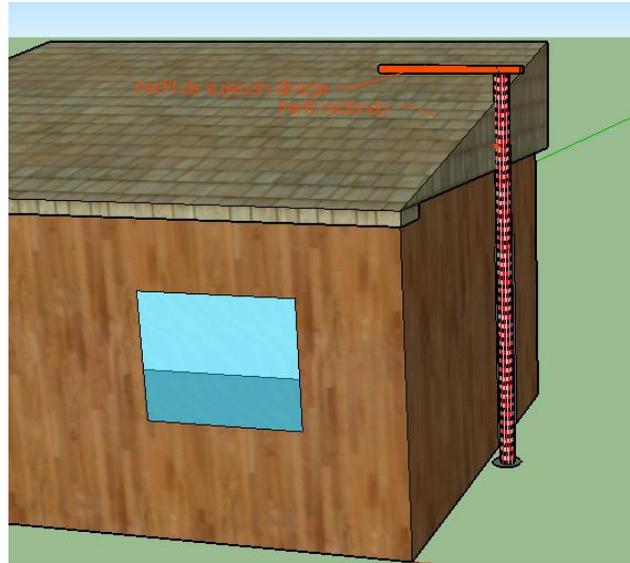


Ilustración 37 Perfil de sujeción de Estructura de soporte de CST.  
Fuente: Elaboración propia a través de Sketchup

En la siguiente ilustración, se presenta la vista superior de la simulación del colector solar instalado con el sistema de Viga-Columna a piso:

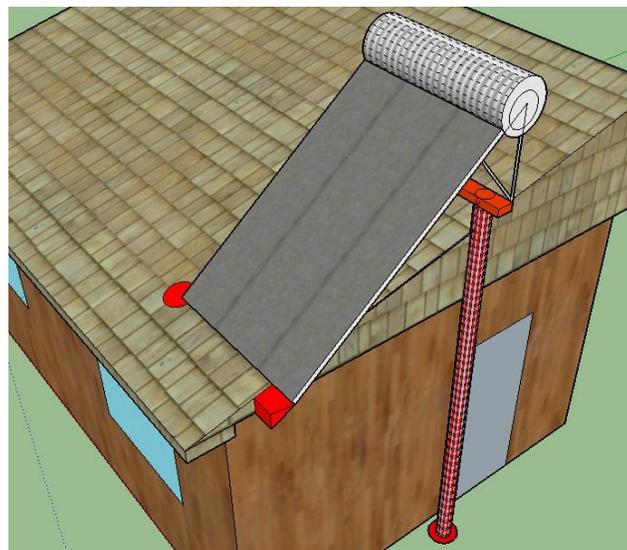


Ilustración 38 Simulación de vista superior de SST con perfil de apoyo.  
Fuente: Elaboración propia a través de Sketchup

La siguiente ilustración muestra una vista lateral inferior de la simulación del colector solar instalado con el sistema de Viga-Columna a piso:



Ilustración 39 Simulación de vista inferior de SST con perfil de apoyo.  
Fuente: Elaboración propia a través de Sketchup.

La siguiente ilustración muestra una vista lateral de la simulación del colector solar instalado con el sistema de Viga-Columna a piso:

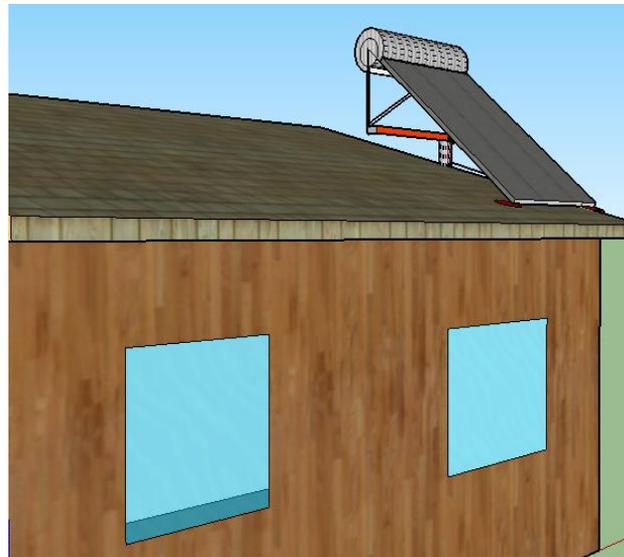


Ilustración 40 Simulación vista lateral inferior de SST con perfil de apoyo.  
Fuente: Elaboración propia a través de Sketchup

### Especificaciones técnicas de la solución propuesta:

Para desarrollar dicha solución, se estudiarán las cargas de los colectores, para ello se debe considerar el peso de los colectores que son utilizados en la actualidad, los que poseen capacidad para 160 litros y 250 litros:

- Para colectores de 160 litros:

$$\begin{array}{l} \text{Peso del agua en el colector} \\ 1000 \text{ kg/ m}^3 * 0,160 \text{ m}^3 = 160 \text{ Kg.} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \text{Peso del colector} \\ 80 \text{ kg.} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \text{Peso total} \\ 160 \text{ kg} + 80 \text{ Kg} = 240 \text{ Kg} \end{array}$$

El peso total es de 240 kilogramos en 4 puntos de apoyo, 60 kilogramos por punto. En condiciones ideales, la carga del colector solar completo se reparte en 4 cargas de 60 kilogramos, sin embargo, existen estructuras que no son aptas para soportar esta distribución o carga.

- Para colectores solares de 250 litros:

$$\begin{array}{l} \text{Peso del agua en el colector} \\ 1000 \text{ kg/ m}^3 * 0,250 \text{ m}^3 = 250 \text{ Kg.} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \text{Peso del colector} \\ 90 \text{ kg.} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \text{Peso total} \\ 250 \text{ kg} + 90 \text{ Kg} = 340 \text{ Kg} \end{array}$$

Normalmente, la carga del colector contempla 4 puntos de apoyo, que distribuyen el peso del colector uniformemente, por cada carga en Kg total, cada punto soporta (Kg total) /4.

Como esta solución contempla el uso de una viga en voladizo, con apoyo fijo en una columna, se puede obtener las cargas y los momentos de lo siguiente:

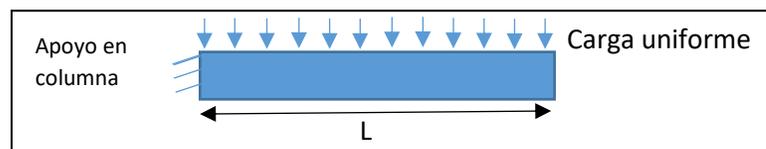


Ilustración 41 Diagrama de cuerpo libre, para viga de CST.  
Fuente: Elaboración propia

Suponiendo que el colector y su soporte, distribuyen su carga uniformemente a lo largo de la viga, se tiene que la fuerza que actúa sobre la viga es:

$$Masa \text{ (kg)} * aceleración \left(\frac{m}{s^2}\right) * distancia \text{ desde } 0(m) = Fuerza \quad (1)$$

Ecuación 6 Ecuación de la Fuerza

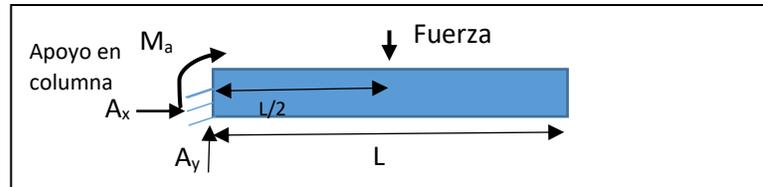


Ilustración 42 Diagrama de fuerzas en acción en viga  
Fuente: Elaboración propia

Suponiendo que no existen esfuerzos laterales, el colector solo es afectado por la fuerza de gravedad, en condiciones ideales en el eje X,  $A_x = 0$ . Se debe encontrar el momento en el punto A, donde se apoya la viga, por ello el momento debe ser  $\sum Ma = 0$

$$Masa * aceleración = Cantidad \text{ de movimiento } (Ma) \quad (2)$$

Ecuación 7 Ecuación del Momentum

Para obtener también el torque en dicho punto, por lo que, en la base, el torque estará dado por:

$$Masa * aceleración * \frac{L}{2} = Newton * metro \quad (3)$$

Ecuación 8 Ecuación de Torque

Finalmente se debe encontrar el equilibrio de fuerzas respecto de la vertical, para el eje Y, por lo que  $\sum Fy = 0$ .

$$A_y = Masa * aceleración \quad (4)$$

Ecuación 9 Equilibrio de fuerzas para el eje Y.

Para conocer el diagrama de fuerzas que actúan sobre la viga, se utiliza como ejemplo; colectores de 160 litros y 250 litros, se determina qué tipo de viga y columna deben utilizar estas soluciones, recordando que estas capacidades de colectores son las utilizadas por SERVIU en su programa.

Al analizar el colector de 160 litros, cuya masa es de 250 Kg, se utiliza el siguiente diagrama de cuerpo libre:

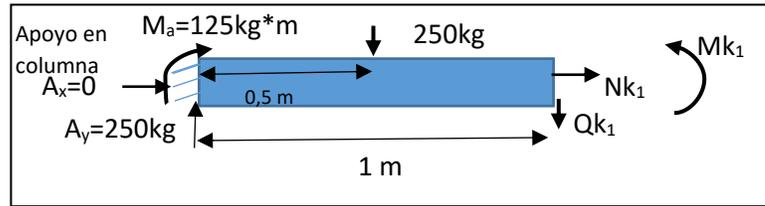


Ilustración 43 Diagrama considerando Torques en acción en viga.  
Fuente: Elaboración Propia.

Donde:

$M_{k1}$  = Momento en el extremo de la viga

$N_{k1}$  = Axial en el extremo de la viga

$Q_{k1}$  = La cortante en el extremo de la viga

Como se supone, no existen esfuerzos laterales, por tanto,  $N_{k1} = 0$ . Se supone para facilitar el cálculo, que la carga se encuentra puntualizada en el centro de la viga, ya que los colectores poseen un ancho de 1 metro, y el peso se distribuye uniformemente, así se puede deducir que la viga soportará 250 kg / m, incluido el peso de la viga.

De (2), se obtiene que:  $250 \text{ kg} \cdot 0,5 \text{ m} = 125 \text{ kg} \cdot \text{m}$

De (4), se obtiene que  $A_y = 250 \text{ kg}$

Además, se debe obtener el momento al extremo de la viga, por tanto, para mantener el equilibrio:

$$\sum M_{k1} = 125 - 250(x) + 250(x)(x/2)$$

$$M_{k1} = -125x^2 + 125x - 125 \quad (5)$$

Ecuación 10 Ecuación del Momentum para colector 160 lt.

Luego se calcula el equilibrio de fuerzas en Y, con  $Q_{k1}$ :

$$250 \text{ kg} - 250 \text{ kg} \cdot x - Q_{k1} = 0$$

$$Q_{k1} = 250 \text{ kg} - 250 \text{ kg} \cdot x \quad (6)$$

Ecuación 11 Ecuación de la cortante para colector 160 lt.

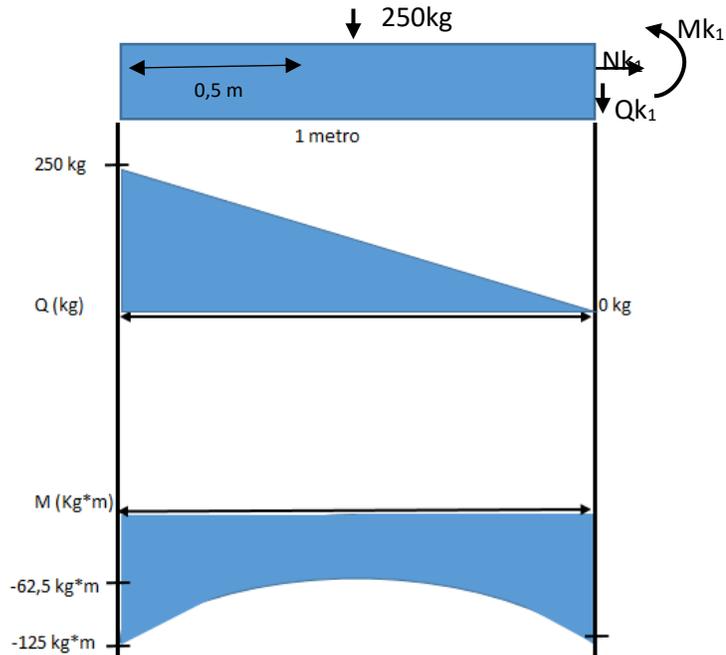


Ilustración 44 Diagrama de cargas y momentos. CST 160 Litros.  
Fuente: Elaboración Propia

Por tanto, la viga debe soportar una carga de 250kg, y un momento de 125kg\*m. Considerando la fuerza de gravedad, debe resistir un torque de 1,23 KN/m.

Ahora se analiza el colector de 250 litros, cuya masa es de 340 Kg, para ello se utiliza el siguiente diagrama de cuerpo libre:

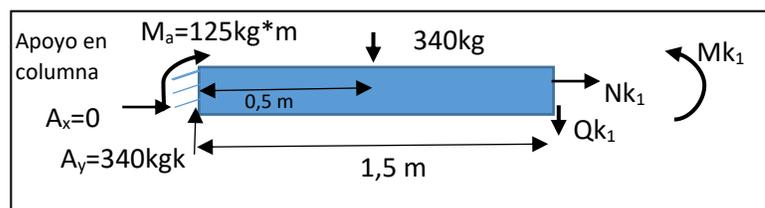


Ilustración 45 Diagrama considerando Torques en acción en viga.  
Fuente: Elaboración propia

Donde:

- $Mk_1$ = Momento en el extremo de la viga
- $Nk_1$ = Axial en el extremo de la viga
- $Qk_1$ = La cortante en el extremo de la viga

Bajo el supuesto de que no existen esfuerzos laterales, por tanto,  $Nk_1=0$ . Además, para facilitar al cálculo se supone, que la carga se encuentra puntualizada en el centro de la viga, ya que los colectores poseen un ancho de 1,5 metros, y el peso se distribuye uniformemente, se puede deducir que la viga soportará 340 kg / m, incluido el peso de la viga.

De (2), se obtiene que:  $340\text{kg} * 0,5\text{m} = 170 \text{ kg} * \text{m}$

De (4), se obtiene que  $A_y = 340 \text{ kg}$

Para obtener el momento al extremo de la viga, por tanto, para mantener el equilibrio:

$$\sum Mk1 = 170 - 340(x) + 340(x)(x/2)$$

$$Mk1 = -170x^2 + 340x - 170 \quad (7)$$

Ecuación 12 Ecuación del Momentum para colector 250 lt.

Luego se calcula el equilibrio de fuerzas en Y, con Qk1:

$$340\text{kg} - 340 \text{ kg} * x - Qk1 = 0$$

$$Qk1 = 340\text{kg} - 340 \text{ kg} * x \quad (8)$$

Ecuación 13 Ecuación del Momentum para colector 250 lt.

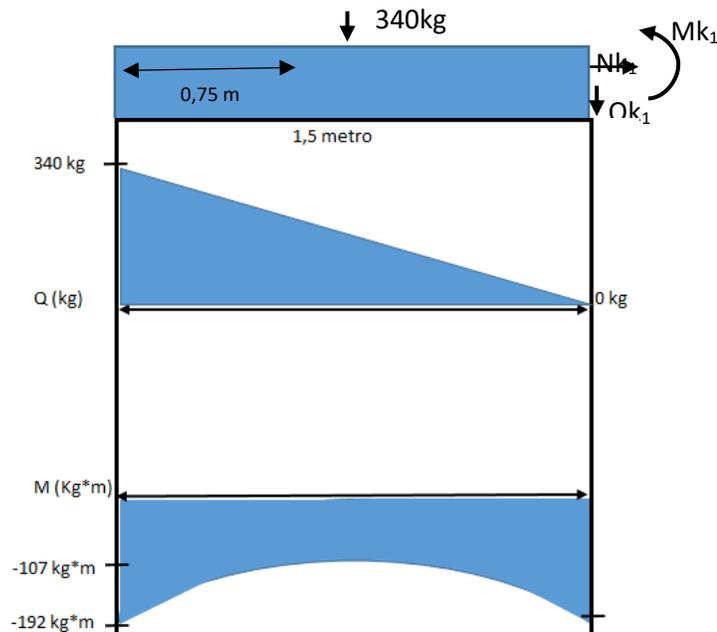


Ilustración 46 Diagrama de cargas y momentos. CST 250 Litros.

Fuente: Elaboración Propia

Por tanto, la viga debe soportar una carga de 340kg, y un momento de 192 kg\*m. Considerando la fuerza de gravedad, debe resistir un torque de 1,89 KN/m.

Para el cálculo de la columna, se debe considerar que esta experimentará una carga excéntrica, por tanto, el momento de la viga se transmitirá a la columna. Lo que debe evitarse es el pandeo de dicha columna, por lo que, según el material utilizado como columna, la

resistencia de este estará dado por el momento y el torque de cada ejemplo anterior, así gráficamente debe considerarse:

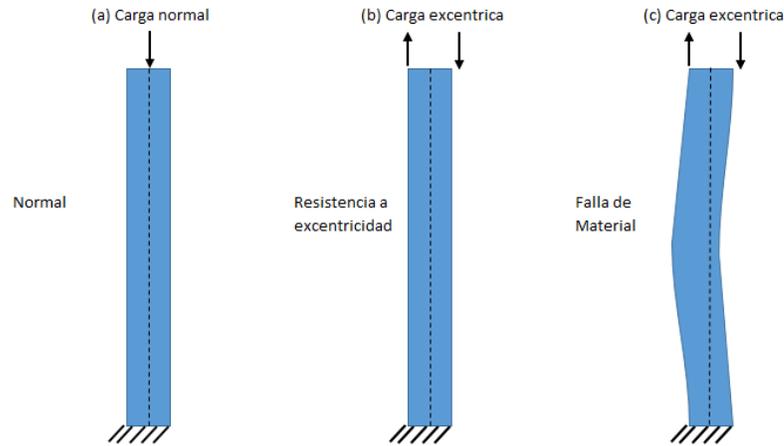


Ilustración 47 Diagrama de Columnas, pandeo por carga excéntrica.  
Fuente: Elaboración propia.

La información estudiada anteriormente será de utilidad al momento de realizar el cálculo de la solución Viga-Columna, la que debe ser implementada, cuando un profesional de la Universidad de Valparaíso evalúe la capacidad de la vivienda y esta no cumpla con los requisitos para soportar un colector solar instalado directamente sobre la cubierta.

#### d) Información:

Respecto de la información que manejan los participantes de los proyectos, a propuesta de las PSAT entrevistadas, se establece la necesidad de la creación de una plataforma que haga las veces de banco de documentación, a la que los participantes del proyecto tengan acceso directo, para conocer así; el avance de las obras, la aprobación de los proyectos, los plazos de pago, los responsables de cada proceso, entre otros datos. Esto debe implementarse por parte de SERVIU ampliando así el proceso de supervisión e inspección de proyectos que lleva en el proceso actual, lo que permitirá una mejor planificación e intercambio de información respecto de la implementación de colectores, en que se apliquen las soluciones propuestas anteriormente.

Al menos el 25% de las PSAT entrevistadas aceptan que el intercambio de información es defectuoso, debido al recurso de tiempo en informar a los beneficiarios, cuestión que se solucionará estableciendo una plataforma de información que congregue a todos los participantes, etapas del proceso de avance, observaciones, y responsables. Y que sea visible por todos los participantes a la vez.

Al principio del proceso, existe una responsabilidad en la evaluación de las empresas, tanto patrocinantes como constructoras. Estas responsabilidades no están definidas ni comunicadas a todos los participantes del proceso completo en la implementación del Subsidio,

por lo que se hace necesaria dicha comunicación. La incorporación de un ente externo, a la evaluación de obras garantizará en mayor medida la correcta ejecución de obras.

### 4.2 Modelamiento de la situación propuesta

Al agregar a la Universidad de Valparaíso en la etapa de elaboración del proyecto, del que seguirán encargándose las PSAT, el proceso será el que muestra la siguiente ilustración:

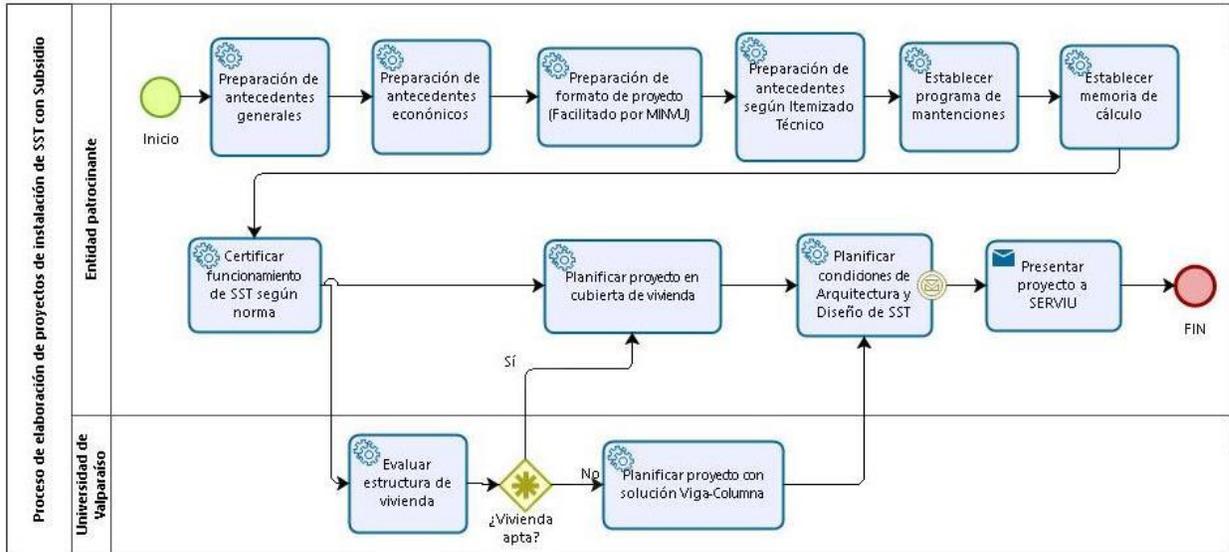


Ilustración 48 Propuesta de rediseño de formulación de proyectos PSAT.  
Fuente. Elaboración propia

Acá se aprecia el modelo del PPPF, incluyendo las modificaciones por las propuestas planteadas anteriormente:

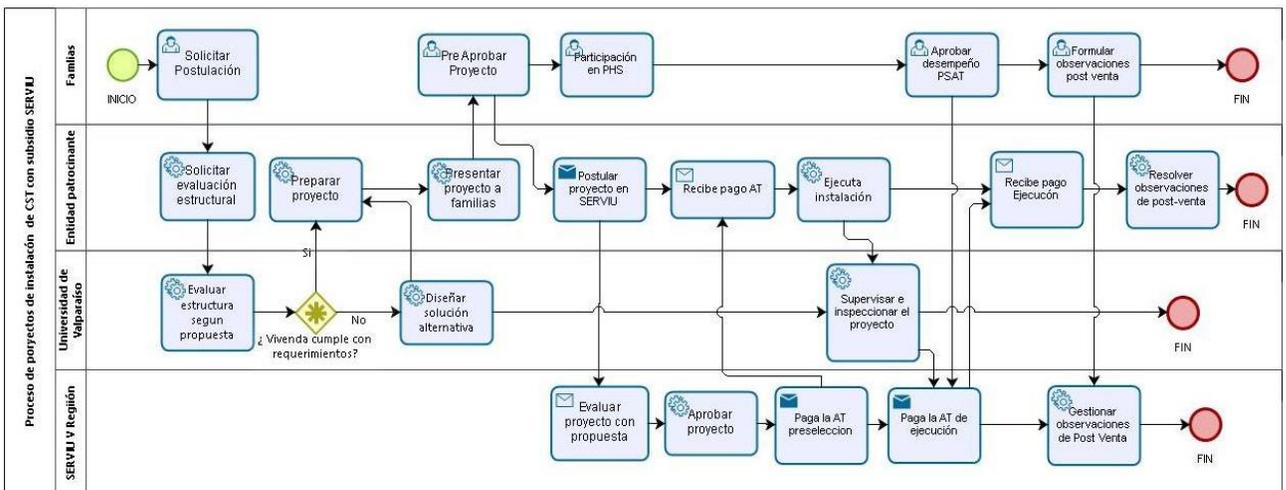


Ilustración 49 Modelo de PPPF con propuesta de rediseño.  
Fuente: Elaboración propia

### 4.3 Evaluación de la propuesta

Como se establece en el Capítulo I, este trabajo de título no contempla la implementación de la propuesta, por lo que se evalúa su viabilidad a partir de un análisis realizado sobre la capacidad de instalación en viviendas de; distinta arquitectura, los efectos de cada propuesta sobre el resultado final de la implementación de CST, además de la evaluación de costos de la propuesta.

La implementación de la solución propuesta, tanto; de incorporación de la Universidad de Valparaíso en el proceso de evaluación, como la solución técnica de Viga-columna, permitirán la implementación de las soluciones de eficiencia energética en el 100% de las viviendas sociales. Esto permitirá implementar proyectos de innovación de eficiencia energética incluso en viviendas de clasificaciones E-F-G y K, de la tabla 8, además de evitar impactos en la estructura de la vivienda por la carga de los colectores instalados en todas las categorías de vivienda. El impacto en los procesos sería:

Proceso	Recurso más utilizado	Recurso menos utilizado	Tiempo mínimo	Tiempo máximo	Periodo común	Tarea con mayor tiempo promedio	Tarea con menos tiempo promedio
<b>Solicitud de postulación</b>	Gestor PSAT	SERVIU	0 días 2 hr	5 días	2 días	Búsqueda de PSAT	Presentar solicitud
<b>Pre-Aprobación de proyecto</b>	Jefe de Hogar postulante	SERVIU	0 días 2 hr	0 días 4 hr	0 día 3 hr	Lectura de proyecto y resolución de dudas	Aportes directos al proyecto
<b>Participación en PHS</b>	Jefe de Hogar postulante	SERVIU	Todo el proyecto	Todo el proyecto	Todo el proyecto	Inspección Visual	Presentación de observaciones
<b>Aprobación de desempeño PSAT</b>	Jefe de Hogar postulante	SERVIU	0 días 1 hr	1 día	0 día 2 hr	Inspección visual y pruebas	Presentación de observaciones
<b>Observaciones Post Venta</b>	Jefe de Hogar postulante	Variable	Periodo de garantía	Periodo de garantía	Periodo de garantía	Variable, redacción.	Variable, recepción de respuesta.
<b>Solicitar evaluación estructural</b>	<b>Gestor o PSAT</b>	<b>SERVIU</b>	<b>0 días 1 hr</b>	<b>1 día</b>	<b>0 días 2 hr</b>	<b>Evaluar y clasificar vivienda como apta</b>	<b>Informar evaluación a EGIS</b>
<b>Preparación de proyecto</b>	Gestor o PSAT	Empresa de instalación	1 día	30 días	5 días	Gestionar solicitudes de familias y recolección de firmas	Redacción de proyecto
<b>Presentación de proyectos a familias</b>	Gestor o PSAT	SERVIU	1 día	2 días	1 día	Presentación en oficina de partes SERVIU y resolución de dudas	Registrar dudas y aportes

<b>Postulación de proyecto</b>	Ingeniero o técnico habilitado	Jefe de Hogar postulante	0 días 2 hr	1 día	0 días 3 hr	Trámite administrativo	N/A
Recepción de pago AT	Gestor o PSAT	Familia	0 días 2 hr	1 día	1 hr	Trámite administrativo	N/A
<b>Ejecución de proyecto *con solución propuesta</b>	<b>Empresa de instalación</b>	<b>Variable</b>	<b>1 día 3 días *</b>	<b>60 días</b>	<b>Variable</b>	<b>Ejecución directa</b>	<b>Modificaciones al proyecto</b>
Recepción de pago Ejecución	Gestor o PSAT	Jefe de Hogar postulante	0 días 2 hr	1 día	0 días 3 hr	Trámite administrativo	N/A
<b>Resolver postventa</b>	Gestor o PSAT	Gestor o PSAT	Periodo de garantía	Periodo de garantía	Periodo de garantía	Variable, redacción.	Variable, recepción de dudas.
<b>Evaluar estructura según propuesta</b>	<b>Universidad de Valparaíso</b>	<b>SERVIU</b>	<b>0 días 2 hr</b>	<b>2 días</b>	<b>0 días 3 hr</b>	<b>Variable, depende de condiciones.</b>	<b>Variable, depende de condiciones.</b>
<b>Diseño de soluciones alternativas</b>	<b>Universidad de Valparaíso</b>	<b>SERVIU</b>	<b>0 días 2 hr</b>	<b>2 días</b>	<b>0 días 3 hr</b>	<b>Calculo y diseño de material</b>	<b>Envío de informe</b>
<b>Supervisar e inspeccionar proyecto</b>	<b>Universidad de Valparaíso</b>	<b>Familia</b>	<b>0 días 2 hr</b>	<b>1 día</b>	<b>0 días 3 hr</b>	<b>Llenado de informe</b>	<b>Inspección directa</b>
<b>Evaluar proyecto *Con propuesta</b>	<b>Comisión técnica evaluadora SERVIU</b>	<b>Jefe de Hogar postulante</b>	<b>0 días 2 hr</b>	<b>10 días</b>	<b>5 día</b>	<b>Lectura de proyecto</b>	<b>Evaluación directa</b>
<b>Aprobar proyecto</b>	Comisión técnica evaluadora SERVIU + MINVU	Jefe de Hogar postulante	1 día	30 días	1 día	Lectura de proyecto y evaluación de nivel de cumplimiento	Firma de aprobación Ministro de vivienda
<b>Pago AT preselección</b>	Control administrativo	Jefe de Hogar postulante	30 días	30 días	30 días	Trámite administrativo	N/A
<b>Pago AT ejecución</b>	Control administrativo	Jefe de Hogar postulante	30 días	30 días	30 días	Trámite administrativo	N/A
<b>Gestionar Postventa</b>	OIRS	Gestor o PSAT	Periodo de garantía	Periodo de garantía	Periodo de garantía	Variable.	Variable, recepción de dudas.

Tabla 13 Resumen de los resultados de propuesta al levantamiento, situación actual.

Fuente: Elaboración propia.

## Evaluación de costos de la propuesta de método:

Por cuanto la propuesta no considera implementación en la presente tesis, es que la Universidad de Valparaíso podrá participar con SERVIU en la implementación de la mejora, a través de un convenio marco, que permita a ambos beneficiarse del proceso de instalación de colectores solares, mejorando a su vez la calidad en el proceso. Dependerá de cada área de la

Universidad, y de los profesionales de la Ingeniería Civil Industrial, o de Construcción, el fijar el valor de sus horas hombre, y de las autoridades de SERVIU y la Universidad el fijar acuerdos, independientemente de los recursos que estos impliquen en el convenio marco.

Evaluación de costos de la propuesta material:

Costo de material perfil cuadrado de 200mm x 200mm, con espesor de 5 mm, tiene un costo de \$36.000 por cada metro, sumado al anclaje de piso, utilizando el mismo perfil para construir la viga, se tiene que para hogar de 2,5 metros de alto:

Ítem	Precio
Tubo de acero (4m)	\$ 144.000
Hormigón de base	\$ 8.000
Mano de obra	\$ 20.000
	\$ 172.000

Por tanto el costo de implementación de la solución es de **\$172.000** tomando como referencia, precios de Sodimac.

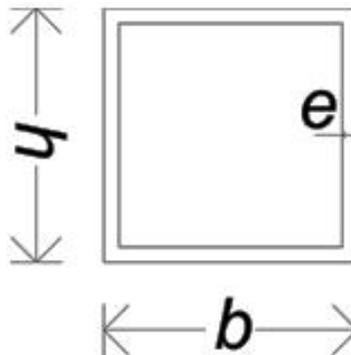


Ilustración 50 Perfil tubo cuadrado, con dimensiones  
Fuente: Especificaciones técnicas de Incafe2000

El traspaso de información constante, como se menciona en la propuesta, permitirá una mejor gestión no solo de la PSAT, sino también de los beneficiarios, que acuden directa e individualmente a las PSAT en búsqueda de información, ahorrando así tiempo de gestión para las empresas patrocinantes. Esto es aplicable a la definición y comunicación de responsabilidades dentro de la toma de decisiones de SERVIU y la PSAT, ya que evita la falla de no saber a quién acudir, en caso de no respuesta, por lo que se mencionó respecto de la inexistencia de empresas o entidades patrocinantes, al momento de hacer valer garantías.

## Capítulo V. Análisis de resultados.

### 5.1 Comparación de situación actual y propuesta

Habiéndose realizado el estudio de la situación actual y la propuesta, se presenta una breve comparación acerca de los resultados obtenidos y los resultados esperados:

Respecto de los costos de instalación en viviendas que no cumplen con el estándar para soporte de carga de CST, se tiene que el costo de instalar la estructura Viga-Columna, el costo aumentará en \$172.000, sin embargo, se debe tener en cuenta que el costo de reparación de viviendas, por falla en estructura debido a la carga de CST es mucho mayor. En relación con los requerimientos, el costo para SERVIU de reparar viviendas es de 50 UF, esto es a diciembre de 2015 aproximadamente 1,2 millones de pesos. Esto sin contar con las molestias, por la posible inhabilitación de la vivienda afectada. Se debe considerar que estos precios son por cada una vivienda y cada PSAT tiene capacidad para la atención de 300 viviendas en primera etapa. En este aspecto el beneficio/costo de la inversión en la estructura será siempre positivo.

Respecto del proceso global, se plantean 4 nuevos subprocesos y se modifican 3 de estos, afectando el tiempo de los procesos actuales. Sin embargo, esto afecta al proceso global, solo en la etapa planteada, respecto de la solución Viga-Columna, ya que agrega al menos 2 días más a la ejecución del proyecto, esto puede apreciarse en las Tablas 9 y 13 de la presente tesis. Los ítems del proceso que varían y se proponen son:

Proceso	Recurso más utilizado	Recurso menos utilizado	Tiempo mínimo	Tiempo máximo	Periodo común	Tarea con mayor tiempo promedio	Tarea con menos tiempo promedio	Respecto de situación actual
Pre-Aprobación de proyecto	Jefe de Hogar postulante	SERVIU	0 días 2 hr	0 días 4 hr	0 día 3 hr	Lectura de proyecto y resolución de dudas	Aportes directos al proyecto	Existente
Solicitar evaluación estructural	Gestor o PSAT	SERVIU	0 días 1 hr	1 día	0 días 2 hr	Evaluar y clasificar vivienda como apta	Informar evaluación a EGIS	Nuevo
Ejecución de proyecto *con solución propuesta	Empresa de instalación	Variable	1 día 3 días *	60 días	Variable	Ejecución directa	Modificaciones al proyecto	Nuevo
Evaluar estructura según propuesta	Universidad de Valparaíso	SERVIU	0 días 2 hr	2 días	0 días 3 hr	Variable, depende de condiciones.	Variable, depende de condiciones.	Existente
Diseño de soluciones alternativas	Universidad de Valparaíso	SERVIU	0 días 2 hr	2 días	0 días 3 hr	Calculo y diseño de material	Envío de informe	Nuevo

Supervisar e inspeccionar proyecto	Universidad de Valparaíso	Familia	0 días 2 hr	1 día	0 días 3 hr	Llenado de informe	Inspección directa	Nuevo
Evaluar proyecto *Con propuesta	Comisión técnica evaluadora SERVIU	Jefe de Hogar postulante	0 días 2 hr	10 días	5 día	Lectura de proyecto	Evaluación directa	Existente

Tabla 14 Resume de propuesta versus situación actual.

Fuente: Elaboración propia

Respecto de la situación actual, como se puede apreciar en el cuadro comparativo, solo en el ítem de ejecución se modifican los tiempos, agregando 2 días a la instalación de la solución material. Los demás procesos no agregan tiempo, ya que son procesos que se replantean, pero en se ejecutan de igual manera en el proceso original. Por etapa propuesta se espera que:

La **incorporación de la Universidad de Valparaíso en el proceso global** garantice una evaluación correcta e idónea, en la variable arquitectura de las viviendas sociales de Valparaíso, para ello se le considera como ente evaluador de las capacidades de la vivienda y como gestor de la solución de método y técnica planteada en la presente tesis. La aplicación de la solución técnica implica el desafío de implementar soluciones de eficiencia energética en viviendas que incluso no se evalúen como aptas para soportar cargas sobre cubierta o techo. La Universidad, además, podría suplir la falta de recursos humanos, para las labores de ITO de SERVIU. Asegurando la correcta fiscalización de las instalaciones de CST que se lleven a cabo.

Para la **PSAT**, se agrega el ítem de solicitud de evaluación de viviendas a la Universidad de Valparaíso, lo cual no tendrá costo directo para la PSAT en recursos. Como se menciona debe ser la PSAT, la que gestione el costo por aumento de material cuando se implemente la solución de Viga-columna. Como se menciona, esto aumentarán sus tiempos de ejecución. Luego dentro de la ejecución, respecto de la evaluación de los distintos ITO, o del beneficiario, el tiempo de ejecución se verá afectado marginalmente.

Respecto de **SERVIU**, la solución propuesta contempla el agregar a sus procesos y métodos, las soluciones planteadas anteriormente. Estas soluciones y propuestas al proceso no afectan a SERVIU, ya que no contemplan un aumento de los tiempos de evaluación, ya que esta funciona de manera independiente. Aunque sí implica un cambio en la metodología de evaluación y la incorporación de los nuevos elementos técnicos.

La solución global contempla la implementación de una plataforma en que se pueda ver el avance directo de los proyectos, con acceso para todos los participantes del proceso de subsidios de SERVIU. Se espera que luego de implementadas estas soluciones, se reduzcan a cero, los problemas relacionados con la incompatibilidad de la vivienda y su arquitectura, con los materiales disponibles para la instalación de colectores solares térmicos, sobre todo en lo relacionado con las estructuras soportantes de dichos colectores. Y que además este tipo de soluciones pueda implementarse independiente de las condiciones de la vivienda, es decir una solución que pueda llegar a cualquier lugar, sin importar los obstáculos materiales.

## Capítulo VI. Conclusiones y recomendaciones

La presente tesis, tuvo como objetivo elaborar una propuesta metodológica y técnica, que buscara evitar fallas estructurales en viviendas sociales, que opten por implementar soluciones de eficiencia energética como son los colectores solares térmicos. Esto se concretó a través de la información brindada por SERVIU y las empresas que actúan como entidades patrocinantes del proceso. Respecto de los objetivos específicos, cabe mencionar que estos se cumplieron; analizando, diagnosticando, proponiendo, validando y evaluando soluciones respecto de la información original.

Las herramientas escogidas para el desarrollo de este trabajo de título fueron principalmente AMFE y BPM, las que permitieron mejorar el desempeño de los procesos mediante el desarrollo de una secuencia, la cual parte con el levantamiento de procesos. La solución planteada permitirá la implementación de las soluciones de eficiencia energética, adaptando la instalación de estas a la variada arquitectura de la región de Valparaíso.

Cabe mencionar que, dentro del desarrollo de la propuesta, con la herramienta mencionada, se desarrolló además una propuesta técnica utilizando una viga-columna, solución que se complementa con la propuesta de solución metodológica. La solución en el cambio del proceso además de la incorporación de un nuevo ente en la planificación de los proyectos, son complementarios y hacen relación con el objetivo de SERVIU que es la implementación de los planes de desarrollo y contribución a la calidad de vida de las personas en la región.

El implementar soluciones de eficiencia energética a través de subsidios SERVIU, hoy no hace necesario establecer una seguridad y una garantía respecto del funcionamiento **en el colector**, sino también hace necesaria la seguridad y la garantía de evitar fallas **en la vivienda** por implementar un objeto de gran masa y volumen sobre su techumbre o cubierta. Como se constató a través de expertos del SERVIU existen graves problemas estructurales por implementaciones fallidas, que afectan a familias que buscan mejorar sus condiciones de vida, y, sin embargo, obtienen efectos adversos. Esto ha impedido a SERVIU desarrollar sus planes de eficiencia energética en la región de manera correcta, en parte debido por; el deficiente estado de las viviendas en Valparaíso (uno de los grandes problemas de diseño de ciudad en sectores de Cerros,) o de distintas distribuciones, formas, tamaños, condiciones, materiales entre otras variables de la vivienda. La solución propuesta busca integrar, independiente de las condiciones de la vivienda, a las familias o beneficiarios, al subsidio, y a la implementación de soluciones de eficiencia energética.

Si bien la solución se desarrolló en la región de Valparaíso, esto no es impedimento para implementar la propuesta en otras zonas en que la calidad de la vivienda no permita criterios uniformes de instalación. Se recomienda, además de las soluciones planteadas, la implementación de un banco de información acerca del avance de los proyectos como primera medida. Esto permitirá que todos los integrantes del proceso manejen la misma información, derivando en una mejora integral al proceso, independiente de las soluciones técnicas a implementar. Es de vital importancia contar con información respecto de la certificación o conocimientos que tenga la empresa constructora o de instalación, encargados de evaluaciones,

entre otros datos. Como se menciona a lo largo de la tesis, existe un problema de incompatibilidad de estructura de viviendas, por lo que el profesional o técnico de la Universidad de Valparaíso, que evalúe dicha instalación será el que dé el puntapié inicial de la solución de eficiencia energética, formulando el proyecto en su origen, quienes conocerán in-situ la situación de las viviendas, por lo que deben contar con las herramientas necesarias para desarrollar dichas implementaciones sin las fallas que ocurren el momento del desarrollo de la presente tesis.

Chile espera implementar 28.000 nuevos colectores solares entre 2015 y 2020, a medida que surjan nuevas instalaciones en distintas zonas del país crecerá también la necesidad de adaptabilidad de estas implementaciones. Ejemplo de ello es la región de Valparaíso, que posee climas distintos en cada una de sus zonas. Valparaíso no es solo una región de costas, existe una gran cantidad de zonas que se encuentran en la pre cordillera, con distintas condiciones de terreno y climáticas. Dichas condiciones de terreno han hecho desarrollar la región de una manera poco uniforme. Esto seguirá ocurriendo, tanto en Valparaíso como en otras zonas del país y del mundo, por lo que la adaptabilidad de las soluciones, a las condiciones de vivienda y de terreno se hacen necesarias, si lo que se busca es la utilización de energías renovables no convencionales.

Con el Convenio Marco de Colaboración entre SERVIU Región de Valparaíso y la Universidad de Valparaíso. Chile. Gestionado en mayo de 2015, y según el artículo 1: Objeto del convenio, en que las partes acuerdan implementar las acciones tendientes a desarrollar en forma conjunta proyectos de carácter académico, científico y cultural, de mutuo beneficio, en el cumplimiento de sus respectivos propósitos y fines institucionales. Y además el artículo 2, punto 3: Metodología de Cálculo estructural simplificado que determine la factibilidad de instalar un Colector Solar Térmico sobre una vivienda usada (sobre cubierta o torre). Y los artículos del 3 al 11. Convenio según el que se ha desarrollado la presente tesis, se recomienda:

- Que dentro de la solución propuesta. Respecto del método, sea la Universidad de Valparaíso quien, según sus capacidades técnicas, acreditadas, sea quien realice las próximas evaluaciones de la vivienda, respecto de la capacidad de estas para soportar cargas como la de colectores solares, y quien además determine el mejor método de instalación de sistemas solares térmicos en viviendas sociales en el Gran Valparaíso, y las regiones en que sea necesaria dicha gestión.

## Bibliografía

- Bustamante G., W. (2009). *Guía de Diseñor para la Eficiencia Energetica en la Vivienda Social*. Santiago: Ministerio de Vivienda y Urbanismo.
- Bustamante, W., Cepeda, R., Martinez, P., & Santa María, H. (2009). Eficiencia Energetica en Vivienda Social: Un desafio posible. En U. C. Chile, *Camino al Bicentenario, propuestas para Chile* (págs. 253-282). Santiago: Universidad Catolica de Chile.
- Camara Chilena de la construcción. (1 de diciembre de 2016). *Camara Chilena de la Construcción*. Obtenido de <http://www.cchc.cl/>
- Camison, C. (2006). *Gestión de la calidad: Conceptos, enfoques, modelos y sistemas*. Madrid: Pearson.
- Centro de Energía Renovable CER. (2011). *Energía Solar*. Santiago: Corporación para el Fomento de la Producción CORFO.
- ECOPANEL. (20 de Octubre de 2015). *ECOPANEL Ahorra Con Energía*. Obtenido de Sitio Web ECOPANEL: <http://www.ecopanel.cl/>
- Fernandez, M. A. (2003). *El Control. Fundamento de la gestión por procesos y la calidad total*. Madrid: ESIC.
- Hitpass, B. (2014). *BPM: Business Process Management Fundamentos y Conceptos de Implementación: Fundamentos y Conceptos de Implementación*. Santiago: BHH.
- Leiva Illanes, R., Herrera Reyes, C., & Bolocco, R. (2008). *Estudio de contribución de ERNC al SIC al 2025*. Valparaiso: Universidad Técnica Federico Santa María.
- Lorca Moreira, J. B. (2008). *Tesis: DISEÑO Y EVALUACIÓN TÉCNICO-ECONÓMICA DE SISTEMAS DE CALEFACCIÓN CENTRAL CON SUMINISTROS DE AGUA CALIENTE SANITARIA EN VIVIENDA*. Valdivia: Universidad Austral de Chile.
- Ministerio de Economía. (26 de Mayo de 2010). D.S 331 Franquicia Tributaria CST. *Reglamento de la ley 20.365*. Santiago, Santiago, Region Metropolitana: Ministerio de Economía.
- Ministerio de Hacienda. (11 de 08 de 2009). Ley 20.365. *Establece Franquicia Tributaria en Sistemas Solares Térmicos*. Valparaiso, Valparaiso, Chile: Ministerio de Hacienda.
- Ministerio de Obras Públicas. (31 de 07 de 1959). DFL 2. *Plan Habitacional*. Santiago, Región Metropolitana, Chile: Ministerio de Obras Públicas.
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (5 de 12 de 1997). Ley 19.537. *Sobre Copropiedad Inmobiliaria*. Valparaiso, Valparaiso, Chile: Ministerio de Vivienda y Urbanismo.
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (13 de 10 de 2006). Decreto 255. *REGLAMENTA PROGRAMA DE PROTECCION DEL PATRIMONIO FAMILIAR*. Santiago, Región Metropolitana, Chile: Ministerio de Vivienda y Urbanismo.
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (20 de 01 de 2011). Decreto 1. *APRUEBA REGLAMENTO DEL SISTEMA INTEGRADO DE SUBSIDIO HABITACIONAL Y DEROGA EL D.S. N°40, DE*

2004, Y EL CAPÍTULO SEGUNDO DEL D.S. N° 174, DE 2005. Santiago, Region Metropolitana, Chile: Ministerio de Vivienda y Urbanismo.

Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (2014). *Manual Sistemas Solares Termicos*. Santiago: Ministerio de Vivienda y Urbanismo.

Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (2015). *Sistema de Calificación Energética de Viviendas en Chile*. Santiago: Ministerio de Vivienda y Urbanismo.

Oyarzun, B. R. (2010). Del control al control de gestion. *REVISMAR*, 76-80.

PROGRAMA SOLAR. (20 de Octubre de 2015). *PROGRAMA SOLAR*. Obtenido de Sitio Web PROGRAMA SOLAR: <http://www.programasolar.cl/>

Punto Solar. (23 de 10 de 2015). *Punto Solar Energía Alternativa*. Obtenido de Sitio Web Punto Solar: <http://puntosolar.cl/>

Quinteros Massardo, D. S. (2012). *Tesis: Estudio de la Eficiencia del sistema solar termico en el barrio San Valentin, Comuna de Lo Prado*. Santiago: Universidad de Santiago de Chile.

SECOM, Gobierno de Chile. (20 de 10 de 2015). *Centro Nacional para la Innovación y Fomento de las Energías Sustentables*. Obtenido de Sitio Web CIFES: [cifes.gob.cl](http://cifes.gob.cl)

Secretaria de Comunicaciones, G. d. (15 de Octubre de 2015). *Ministerio de Vivienda y Urbanismo*. Obtenido de Ministerio de Vivienda y Urbanismo: [http://www.minvu.cl/opensite\\_20070402125030.aspx](http://www.minvu.cl/opensite_20070402125030.aspx)

SERVIU V. (30 de Septiembre de 2015). *SERVIU*. Obtenido de SERVIU V Región: <http://valparaiso.minvu.cl/quienes-somos/>

SOLEPANEL. (30 de Septiembre de 2015). *SOLEPANEL Agua Caliente Solar*. Obtenido de Sitio Web SOLEPANEL: <http://www.solepanel.cl/>

Soto Sepulveda, E. (2011). *Energía Solar: Visión general del recurso en el Norte Grande de Chile y aspectos técnicos para el diseño y operación de grandes plantas*. Santiago: Fundación Chile.

Universidad de Chile. (15 de Octubre de 2015). *Explorador de Energía Solar*. Obtenido de Sitio Web Explorador de Energia Solar: <http://walker.dgf.uchile.cl/>

Universidad Técnica Federico Santa María. (2008). *Irradiancia Solar en Territorios de la Republica de Chile*. Valparaiso: Universidad Técnica Federico Santa María.

Universidad Técnico Federico Santa María. (28 de Octubre de 2015). *Laboratorio Solar UTFSM*. Obtenido de Sitio Web Laboratorio de Evaluación Solar: <http://www.labsolar.utfsm.cl/>

Velasco, J. A. (2009). *Gestion por procesos*. Madrid: ESIC.

WINTER S.A. (20 de 10 de 2015). *WINTER SA - Termos – Calderas – Calefacción Solar*. Obtenido de Sitio Web Winter S.A.: <http://www.wintersachile.cl>

## ANEXOS

## ANEXO I.- Formularios de evaluacion de obras.

	DOCUMENTOS	TIPO	REF	SI	NO	NA	Observaciones
<b>1</b>	<b>ANTECEDENTES GENERALES</b>						
1.1	DATOS DEL PROYECTO E INTERVINIENTES						
1.2	CARÁTULA DE POSTULACIÓN						
1.3	CONTRATO DE CONSTRUCCIÓN						
1.4	LISTADO DE POSTULANTES						
1.5	MEMORIA EXPLICATIVA						
1.6	PRESUPUESTO DE OBRAS						
1.7	ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS						
<b>2</b>	<b>FORMATO PRESENTACIÓN DE PROYECTO</b>						
<b>3</b>	<b>ANTECEDENTES TÉCNICOS</b>						
3.1	MEMORIA DE CÁLCULO						
3.1.1	INFORMACIÓN TÉCNICA DJ2						
3.1.2	PÉRDIDAS POR SOMBRA						
3.1.3	CÁLCULO CONTRIBUCIÓN SOLAR						
3.1.4	FLUIDO DE TRABAJO						
3.1.5	PROTECCIÓN CONTRA HELADAS						
3.1.6	PROTECCIÓN EXTERIOR						
3.2	PROYECTO ESTRUCTURAL						
3.3	MANUAL USO Y MANTENCIÓN						
3.4	ESQUEMAS Y PLANOS						
3.4.1	ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO						
3.4.2	PLANO DE LOCALIZACIÓN						
3.5	CERTIFICADO EQUIPOS - SEC						
3.5.1	SISTEMA PREFABRICADO						
3.5.2	COLECTOR SOLAR TÉRMICO						
3.5.3	DEPÓSITO ACUMULADOR						
3.6	GARANTÍAS						
3.6.1	PÓLIZA DE GARANTÍA DE EQUIPOS						
3.6.2	GARANTÍA DE INSTALACIÓN						
3.7	CUMPLIMIENTO EETT						

Ilustración 51 Control de documentación entregada. F01. FORMATO DE DOCUMENTACIÓN ENTREGADA.

Fuente: Manual de Colectores Solares Térmicos, MINVU.

	ANTECEDENTES	CONTENIDO	SI	NO	NA	Observaciones
3.1.1	INFORMACIÓN TÉCNICA DJ2	Formato Excel DJ2				
3.1.2	PÉRDIDAS POR SOMBRA	Documentación para calcular pérdidas				
3.1.3	CÁLCULO CONTRIBUCIÓN SOLAR	Algoritmo contribución solar				
3.1.4	FLUIDO DE TRABAJO	Documentación técnica				
3.1.5	PROTECCIÓN CONTRA HELADAS	Temperatura Mínima de la Comuna				
		Sistema de protección contra heladas				
		Temperatura mínima de diseño del SST				
3.1.6	PROTECCIÓN EXTERIOR	Envolvente exterior del acumulador				
		Materiales y protecciones de la estructura				
		Materiales y protecciones de la aislación				
		Otras protecciones exteriores				
3.2	PROYECTO ESTRUCTURAL	Comprobación de elementos existentes				
		Refuerzo estructural de techumbre				
		Proyecto de estructura independiente				
		Proyecto de estructura base				
		Estructura específica del SST				
3.3	MANUAL USO Y MANTENCIÓN	Necesidades mantención de cada sistema				
		Periodicidad de operaciones				
		Necesidades de reemplazo				
		Def precauciones heladas				
		Def precauciones sobrecalentamiento				
		Definir seguridad				
		Definir detección de problemas				
		Presupuesto anual de mantención				
3.4	ESQUEMAS Y PLANOS	Esquema de funcionamiento				
		Emplazamiento de vivienda y del SST				
		Estructura de soporte y sujeción SST				
3.5	CERTIFICADO EQUIPOS	Sistema Prefabricado (CSTI)				
		Colector Solar Térmico (CST)				
		Marca				
		Modelo				
		Resolución SEC - CST				
		Depósito Acumulador (DA)				
		Marca				
		Modelo				
		Resolución SEC - DA				
3.6	GARANTÍAS	Póliza de garantía de CST y DA o CSTI				
		Póliza de garantía de instalación				
3.7	CUMPLIMIENTO EETT	Documento de cumplimiento EETT				

Ilustración 52 Revisión de los antecedentes técnicos del proyecto. F02 – FORMATO DE REVISIÓN DE ANTECEDENTES TÉCNICOS

Fuente: Manual de Colectores Solares Térmicos, MINVU.

NOMBRE DEL PROYECTO						
Dirección						
Comuna						
PSAT o EGIS						
Empresa Constructora						
Número de SST						
	DATE	SI	NO	NA	OBSERVACIÓN	
<b>INFORMACIÓN PARA DISEÑO DEL SST</b>						
Comuna						
Provincia						
Región						
Latitud media						
Zona climática						
CSM						
Valor a verificar $CSM \cdot 0,85$						
Temperatura mínima de la comuna						
Inclinación						
Orientación						
Pérdidas por sombra						
Número de dormitorios						
Consumo total de agua caliente (45°C)						
Volumen de almacenamiento						
Número de colectores						
Demanda de energía						
Energía útil aportada						
Contribución solar mínima						
¿Cumple?						
<b>SISTEMA INTEGRADO (CSTI)</b>						
Marca						
Modelo						
Resolución SEC del CSTI						
Número de serie						
<b>SISTEMA DE CAPTACIÓN (CS)</b>						
Marca						
Modelo						
Resolución SEC del CS						
Número de serie						
Superficie abertura						
Factor de pérdidas						
Eficiencia óptica						
Temperatura máxima que soporta						

	DATO	SI	NO	NA	OBSERVACIÓN
Presión máxima que soporta					
<b>SISTEMA DE ACUMULACIÓN (DA)</b>					
Modelo					
Resolución SEC del DA					
Número de serie					
Materialidad acumulador (cuerpo interior)					
Volumen					
Masa en vacío					
Diámetro					
Altura total					
Temperatura máxima que soporta					
Presión máxima que soporta					
Tipo de aislante					
Espesor de aislante					
Conductividad térmica aislante					
Materialidad (envolvente exterior)					
<b>SISTEMA DE INTERCAMBIO</b>					
Tipo de intercambiador					
Superficie de intercambio (m2)					
Área de intercambio mínima (0,2*Sc m2)					
Temperatura máxima que soporta (°C)					
Presión máxima que soporta (bar)					
<b>FLUIDO DE TRABAJO</b>					
Tipo de fluido (Marca)					
Proporciones de mezcla					
Temperatura mínima que soporta					
Temperatura máxima que soporta					
Presión mínima que soporta					
Presión máxima que soporta					
Vida útil del fluido de trabajo					
<b>CIRCUITO PRIMARIO</b>					
Tipo de tubería					
Diámetro tubería					
Material aislación					
Conductividad térmica					
Espesor aislación interior					
Espesor aislación exterior					
Protección exterior de la aislación					
Componente crítico					
Temperatura máxima que soporta					

	DATO	SI	NO	NA	OBSERVACIÓN
Presión máxima que soporta					
<b>SISTEMA DE EXPANSIÓN DE PRIMARIO</b>					
Volumen total circuito					
Coefficiente de dilatación					
Volumen de dilatación					
Volumen mínimo (3% VT o 3L)					
Volumen de vapor					
Volumen útil del vaso					
Presión tarado válvula de seguridad					
Presión máxima de trabajo					
Presión mínima de trabajo					
Precio inicial del lado aire del vaso					
Coefficiente de presiones					
Volumen total del vaso					
Número de vasos					
Volumen seleccionado					
Marca y modelo					
<b>CIRCUITO DE CONSUMO</b>					
Tipo de tubería					
Diámetro tubería					
Material aislación					
Conductividad térmica					
Espesor aislación interior					
Espesor aislación exterior					
Protección exterior de la aislación					
Componente crítico					
Temperatura máxima que soporta					
Presión máxima que soporta					
<b>SISTEMA DE EXPANSIÓN DE CONSUMO</b>					
Volumen total circuito secundario					
Coefficiente de dilatación					
Volumen de dilatación (fluido a expansionar)					
Presión tarado válvula de seguridad					
Presión máxima de trabajo					
Presión mínima de trabajo					
Precio inicial del lado aire del vaso					
Coefficiente de presiones					
Volumen total del vaso					
Número de vasos					
Volumen seleccionado					
	DATO	SI	NO	NA	OBSERVACIÓN
Marca y modelo					
<b>SISTEMA DE ENERGÍA AUXILIAR</b>					
Configuración elegida					
Instantánea					
Con acumulación					
Bypass de conexión					
Protección de sistema apoyo					
Potencia térmica					
Energía utilizada					

Ilustración 53 Cumplimiento de los EETT. F03–FORMATO DE REVISIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LAS EETT.

Fuente: Manual de Colectores Solares Térmicos, MINVU.

	Nombre del proyecto										
	Dirección de la vivienda										
	Beneficiario(a)										
	Empresa Constructora										
	PSAT/EGIS										
	Inspector Serviu										
	Fecha de inspección										
	COMPONENTE	T máx	T sop	P máx	P sop	Ficha Técn.	NA	SI	NO	Observaciones	
1	CSTI Placa características										
2	Números de Registro SEC CSTI										
3	CST Placa características										
4	Números de Registro SEC CST										
5	DA Placa características										
6	Números de Registro SEC DA										
7	Tipo de SAA. Calefón normal										
8	Tipo de SAA. Calefón solar										
9	Tipo de SAA. Otro tipo (termo eléctrico)										
10	Dispositivo utilizado para Tdis < 50										
11	Tarado válvula seguridad primario										
12	Tarado válvula seguridad consumo										
13	Expansión primario										
14	Expansión secundario										
15	Tubería primario										
16	Tubería consumo entrada agua fría										
17	Tubería consumo hasta termostática										
18	Tubería consumo tras termostática										
19	Tubería escapes conducidos										
20	Válvula de corte										
21	Válvula de corte										
22	Válvula de corte										
23	Válvula antirretorno										
24	Válvula antirretorno										
25	Purgador automático										
26	Esquema e isométrica	Verificación									
		Conexión del SAA									
		Distancia del DA al consumo < 20 m.									

Ilustración 54 F04 - FORMATO DE COMPROBACIÓN DE COMPONENTES EN TERRENO.

Fuente: Manual de Colectores Solares Térmicos, MINVU.

			NA	SI	NO	Observaciones
1	Información de diseño	Número de dormitorios				
2		Localización de la vivienda				
3		Orientación colector				
4		Inclinación del colector				
5		Pérdidas por sombras				
6	Implantación proyecto estructural	De vivienda FSV o PPPF				
7		Estructura independiente				
8		Específica del SST				
9	Protección exterior	Prot. ext. Estructura soporte				
10		Prot. ext. Acumulador				
11		Prot. ext. Aislamiento tuberías				
12		Prot. ext. Otros elementos				
13		Materiales en circuito de consumo				
14		Protección exterior de animales				
15	Partes a proteger de temp. extremas	Circuito primario y accesorios				
16		Tuberías de purga, drenaje, etc.				
17		Circuito de consumo (AF y ACS)				
18	Favorecer la circulación natural	Baja pérdida de carga circuito				
19		Altura geométrica del circuito				
20		Ángulo transversal en manifold				
21		Trazado de tuberías				
22	Pérdidas energéticas y flujo inverso	DA por encima del CST				
23		Distancia de separación				
24		Altura de entrada caliente DA				
25		Diseño con antirretorno				
26		Otros dispositivo ¿?				
27		Flujos internos en tuberías				
28		Flujos en bypass y válvula de 3 vías				
29	Aislación térmica	DA espesor > 40 mm y 0,04 W/mK				
30		DA completamente aislado				
31		Difusores de calor				
32		Aislación circuitos sin zonas visibles				
33		Espesor real en exterior				
34		Espesor real en interior				
35	Retenciones de aire	Purga en punto alto				
36		Detalle constructivo situación				
37		Retenciones de aire				
38		Purgador con válvula de corte				
39		Sistema de purga manual				

Ilustración 55 F05 - FORMATO DE INSPECCIÓN INSTALACIÓN EN TERRENO  
Fuente: Manual de Colectores Solares Térmicos, MINVU.

Referencia de los datos del ensayo		INSTANTÁNEO			DIARIO			ENTREGA		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Mes y día	mm.dd									
Hora solar	hh.mm	<i>12:00</i>	<i>12:00</i>	<i>12:00</i>	<i>9:00</i>	<i>9:15</i>	<i>13:00</i>			
Radiación <sup>6</sup>	W/m <sup>2</sup>	<i>8</i>	<i>8</i>	<i>8</i>	<i>8</i>	<i>8</i>	<i>8</i>			
Temperatura ambiente	°C									
Consumo de referencia de ACS	litros				<i>75</i>		<i>50</i>			
Conexión del SAA							-			
Temperatura de consigna del SAA/VMT	°C									
Temperatura entrada al colector	°C									
Temperatura salida de colector	°C									
Temp. de funcionamiento del colector	°C	<i>60</i>	<i>50</i>	<i>70</i>			<i>60-70</i>			
Salto de temperaturas en el colector	°C									
Temperatura de salida en consumo	°C				<i>40</i>	<i>25</i>	<i>55</i>			
Temperatura de entrada de agua fría	°C				<i>15</i>	<i>15</i>	<i>15</i>			
Temperatura del acumulador	°C	<i>50</i>	<i>30</i>	<i>30</i>		<i>20</i>				
		<i>06</i>	<i>06</i>	<i>mat</i>						

Ilustración 56 F07 – FORMATO DE REGISTRO DE DATOS DE FUNCIONAMIENTO.  
Fuente: Manual de Colectores Solares Térmicos, MINVU.

## ANEXO II.- Encuesta aplicada a empresas PSAT y Municipios

### Consultas Proyecto Tesis:

Proyecto: Propuesta Metodológica, para instalación de colectores solares térmicos sobre cubierta, techo o torre de viviendas sociales: Caso región Valparaíso.

Esta encuesta es realizada por un egresado de Ingeniería Civil Industrial, de la Universidad de Valparaíso, y tiene como fin la búsqueda y consolidación de información proveniente de empresas que trabajan con SERVIU V Región. Estas empresas son las que manejan información o se relacionan en alguno de sus niveles, con la gestión de instalación de colectores solares en viviendas sociales, bajo el PPPF.

El contexto SERVIU en dicha aplicación de subsidios nace de la rama Subsidios-->Mejora de Vivienda-->Reparación y mantenimiento-->Financiamiento de Innovaciones de Eficiencia Energética.

Esperamos recibir información de su parte, para proponer al SERVIU V, un mejor método de aplicación del proceso de subsidios que implican instalación de colectores solares, evitando así, fallas en estructuras y equipos que impidan su funcionamiento. Esta propuesta busca además un beneficio para las empresas, para lograr un mejor acople entre el trabajo de las empresas gestoras y de asistencia técnica, el SERVIU y el usuario final de esta importante innovación.

Cabe destacar que las empresas involucradas en el sistema podrán tener acceso a la tesis y a todos los datos recabados a través de la biblioteca de la Universidad de Valparaíso una vez aprobado el proyecto, por la Universidad de Valparaíso.

Se solicita responder con la mayor sinceridad y franqueza, estos son datos estadísticos y de consulta, en ningún caso evalúan desempeño, conocimientos, gestión, etc.

### Sección 1:

Empresa

Nombre de la empresa:

¿Cuánto tiempo lleva trabajando su empresa con SERVIU (en años)?:

¿Cuánto tiempo lleva trabajando su empresa con colectores solares (en años)?:

Proyectos realizados (formato [Población], [Localidad], [año], [cantidad instalada]):

¿Realiza seguimiento de los proyectos realizados?:

### Sección 2:

Área Técnica:

De las garantías a equipos instalados (elegir 1 opción):

- No se garantizan
- Sí se garantizan, pero no se cumplen las garantías
- Sí se garantizan y se cumplen las garantías

- Otro ente distinto de la empresa se encarga de las garantías
- Sí se garantizan, se les hace seguimiento y se cumplen las garantías

¿Ha habido fallas en instalaciones? (Elegir 1 opción):

- Sí
- No

Cantidad de fallas en instalaciones:

- Número mayor o igual a 0.

¿La empresa ha participado en etapa de mantenimientos o reparaciones de colectores?

- Sí
- No

### Sección 3:

Instaladores:

¿Cuántos instaladores poseen conocimientos de instalación a través de cursos, capacitaciones, certificaciones, etc.?

- Número mayor o igual a 0.

¿Cuáles son estas capacidades adquiridas?

- Texto con información de capacidades adquiridas.

Respecto de la rotación de instaladores (elegir 1 opción):

- Su rotación es por proyecto (depende de la adjudicación).
- Su rotación es por año, y se renueva anualmente.
- No existen rotaciones, la empresa es de instaladores.
- Trabaja siempre con los mismos instaladores, pero se contrata por proyecto ganado.

### Sección 4:

Sección Legislación y Normas:

Respecto de la legislación vigente, ¿Conoce usted las leyes y normativas respecto de construcción de viviendas? (Elegir una opción):

- Sí, completamente.
- Sí, Parcialmente.
- Se toma en consideración dependiendo de los proyectos.
- No se considera pertinente a la instalación de colectores.
- No se ha tomado en cuenta nunca.

Respecto de la legislación vigente, ¿Conoce usted las leyes y normativas respecto de instalación de colectores solares?

- Sí, completamente.
- Sí, Parcialmente.
- Se toma en consideración dependiendo de los proyectos.
- No se considera pertinente a la instalación de colectores.
- No se ha tomado en cuenta nunca.

¿Cuáles de las siguientes componentes toma en consideración al instalar proyectos? (elija todas las que utiliza):

- Factores estructurales de las distintas viviendas

- Factores sísmicos
- Factores Climáticos
- Factores sociales (mantenimiento de usuarios, uso correcto, etc.)
- Factores Legales, normativos y reglamentarios
- Los materiales usados en la instalación
- Pericia de los instaladores
- Cumplimiento de garantías
- Actualización de conocimiento de la normativa legal
- Conocimientos desarrollados por investigadores, Universidades, institutos, estudios, etc.
- Todos los ítems solicitados por SERVIU
- Se genera conocimiento y compartimos experiencias a otros instaladores y SERVIU
- La componente Regional, adaptabilidad a las zonas geográficas del país, y Valparaíso.

### **Sección 5:**

Sección de propuestas y comunicación:

De los problemas con SERVIU, escoja los que implican una disminución de la calidad en la instalación de los paneles solares, incluso si estos problemas se dan en la administración de los proyectos.

Ítem de recursos financieros (selección múltiple):

- Problemas en el área de finanzas por demora en pagos.
- Problemas en el área de finanzas por no devolución de las boletas de garantías
- Problemas en el área de finanzas por bajos recursos en subsidios
- Problemas en el área finanzas por falta de recursos para el cumplimiento de imprevistos

Ítem de recursos técnicos (selección múltiple):

- Problemas por fiscalizaciones recurrentes por parte de SERVIU.
- Problemas con el dueño de casa durante la instalación.
- Problemas por falta de conocimientos técnicos de los instaladores.
- Problemas técnicos por necesidad de improvisar al momento de instalar.
- Problemas por baja cantidad de instaladores en proyectos.
- Problemas por cumplimiento de plazos en proyectos.

Según su apreciación considerando el área técnica, ¿qué propone para evitar fallas en la instalación de colectores y su posterior funcionamiento?

Respuesta en formato de texto.

Según su apreciación considerando el área técnica de su empresa, ¿qué propone para evitar fallas en la utilización de colectores por parte de los usuarios?

Respuesta en formato de texto.

Según su apreciación considerando el área técnica de su empresa, ¿qué propone para evitar fallas en la relación de su empresa con SERVIU?

Respuesta en formato de texto.

¿Piensa usted que las herramientas y recursos entregadas por el MINVU a través de SERVIU son suficientes?

Respuesta en formato de texto.

Por último: Estoy de acuerdo con que la información de esta encuesta sea entregada a SERVIU.

- Sí
- No

Esta encuesta fue enviada a cada una de las empresas certificadas como EGIS o PSAT en la región de Valparaíso, según el siguiente listado:

Rut	Nombre	Categoría	Habilitación
76.055.515-0	INV. E INMOBILIARIA DEL VALLE & MALDONADO LIMITADA (D & M LTDA.)	TERCERA	FSV SR PPPF
69.050.400-6	ILUSTRE MUNICIPALIDAD DE ZAPALLAR	NO APLICA	FSV SR PPPF
76.140.338-9	GESTIÓN HABITACIONAL S.A.	QUINTA	FSV SR PPPF
76.051.552-3	GLORIA ROJAS DAMM GESTIÓN INMOBILIARIA EIRL (CONSTRUYENDO DIGNIDAD E.I.R.L.)	QUINTA	FSV SR PPPF
77.796.160-8	AGENCIA INMOBILIARIA SANTIAGO LTDA. (AGINSA)	PRIMERA	FSV SR PPPF
76.149.336-1	INMOBILIARIA SOCIAL MODELO LTDA. (EGIS MODELO)	QUINTA	FSV SR PPPF
96.806.010-4	ENTIDAD DE GESTIÓN INMOBILIARIA SOCIAL S. A. (PROHOGAR S.A.)	PRIMERA	FSV SR PPPF
69.050.800-1	ILUSTRE MUNICIPALIDAD DE PANQUEHUE	No Aplica	FSV SR PPPF
76.079.461-9	GESTIÓN INMOBILIARIA CUMBRES DEL NORTE RESPONSABILIDAD LIMITADA (CUMBRES DEL NORTE LTDA.)	QUINTA	FSV SR PPPF
76.625.360-1	ENTIDAD ORGANIZADORA Y CONSULTORA HABITACIONAL NUEVA VIVIENDA LTDA. (NUEVA VIVIENDA LTDA.)	PRIMERA	FSV SR PPPF
15.671.322-7	GONZALO ANTONIO GALDAMES PÁEZ	QUINTA	SR PPPF
77.388.280-0	ARQUITECTURA Y CONSULTORA SCAA LIMITADA (SCAA LTDA.)	SEGUNDA	FSV SR PPPF
76.036.552-1	ARQUITECTURA Y ADMINISTRACIÓN MARCELO OLIVA CASTILLO E.I.R.L. (PLAN CIUDAD E.I.R.L.)	QUINTA	FSV SR PPPF
65.533.130-1	FUNDACIÓN UN TECHO PARA CHILE (UN TECHO PARA CHILE)	PRIMERA	FSV SR PPPF
13.649.746-4	ELENA ALUCEMA ARAYA	QUINTA	SR PPPF
69.073.400-1	ILUSTRE MUNICIPALIDAD DE SAN ANTONIO	NO APLICA	FSV SR PPPF
13.989.511-8	KATHERINE VANESA GONZÁLEZ KOWAL	QUINTA	SR PPPF
70.200.700-3	CORPORACIÓN HABITACIONAL DE LA CÁMARA CHILENA DE LA CONSTRUCCIÓN	PRIMERA	FSV SR PPPF
69.051.200-9	ILUSTRE MUNICIPALIDAD DE CALLE LARGA	NO APLICA	FSV SR PPPF
76.588.510-5	SERVICIOS PROFESIONALES, ASISTENCIALES DE LA CONSTRUCCIÓN LIMITADA (ASESORIAS LANFOR LTDA.)	PRIMERA	FSV SR PPPF
76.045.717-5	ARQUITECTURA LEGAL LIMITADA (LEGATURA LTDA.)	QUINTA	FSV SR PPPF
73.048.700-2	FUNDACIÓN SANTIAGO	PRIMERA	FSV SR PPPF
69.050.600-9	ILUSTRE MUNICIPALIDAD DE SAN FELIPE	NO APLICA	FSV SR PPPF
69.050.100-7	ILUSTRE MUNICIPALIDAD DE LA LIGUA	NO APLICA	FSV SR PPPF
76.691.000-9	RICARDO ANTONIO CONCHA SILVA ARQUITECTURA Y SERVICIOS INMOBILIARIOS EIRL (RCS ARQUITECTURA LTDA.)	QUINTA	FSV SR PPPF
76.328.290-2	ASESORÍAS TORO CAPONE COMPAÑÍA LIMITADA (RIO NERO LTDA.)	QUINTA	FSV SR PPPF
69.050.100-2	ILUSTRE MUNICIPALIDAD DE LOS ANDES	NO APLICA	FSV SR PPPF
76.334.870-9	CONSULTORA Y PROYECTOS SANTO DOMINGO LIMITADA	QUINTA	FSV SR PPPF
69.060.100-1	ILUSTRE MUNICIPALIDAD DE QUILLOTA	NO APLICA	FSV SR PPPF
76.021.000-5	SERVICIOS PROFESIONALES, DE CONSULTORÍAS Y ASESORÍAS CARLOS CARRILLO TORRES LIMITADA	QUINTA	FSV SR PPPF
76.887.130-2	SOCIEDAD DE ASESORÍAS RUKA PEWMA LIMITADA (RUKA PEWMA LTDA.)	TERCERA	FSV SR PPPF
76.727.160-3	CLAUDIA ELIZABETH PALMA ZÁRATE ASISTENCIA TÉCNICA EIRL (ÑIKEMEN EIRL)	QUINTA	FSV SR PPPF
69.061.200-3	ILUSTRE MUNICIPALIDAD DE OLMUÉ	NO APLICA	FSV SR PPPF
15.094.032-K	ANGÉLICA HERRERA TORRES	QUINTA	SR PPPF
76.063.820-K	SOCIEDAD PROMOTORA PARA LA ADQUISICIÓN DE VIVIENDAS, ASESORÍAS Y CAPACITACIÓN LIMITADA (PROVECSO LTDA.)	QUINTA	FSV SR PPPF
76.036.441-K	ENTIDAD DE GESTIÓN INMOBILIARIA SOCIAL BM LIMITADA (BM LTDA.)	QUINTA	FSV SR PPPF
76.030.622-3	ASESORÍA TÉCNICA Y GESTIÓN INMOBILIARIA ASVICORP LTDA. (ASVICORP LTDA.)	QUINTA	FSV SR PPPF
76.118.682-5	ORGANIZANDO FUTURO S.A. (ORGANIZANDO FUTURO S.A.)	QUINTA	FSV SR PPPF

Tabla 15 Listado de empresas EGIS y PSAT habilitadas por SERVIU V región.

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO III.- Mapas de radiación solar por mes, región de Valparaíso.



Ilustración 57 Radiación Global Horizontal – Enero

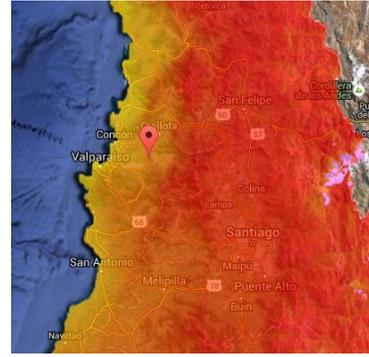


Ilustración 58 Radiación Global Horizontal - Febrero



Ilustración 59 Radiación Global Horizontal - Marzo

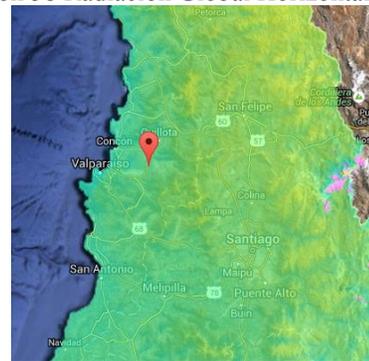


Ilustración 60 Radiación Global Horizontal - Abril

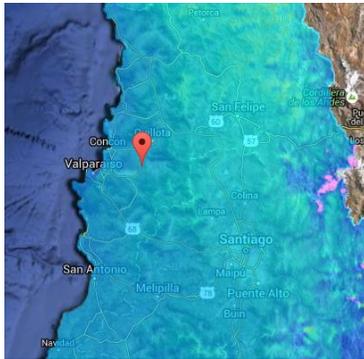


Ilustración 61 Radiación Global Horizontal - Mayo



Ilustración 62 Radiación Global Horizontal - Junio

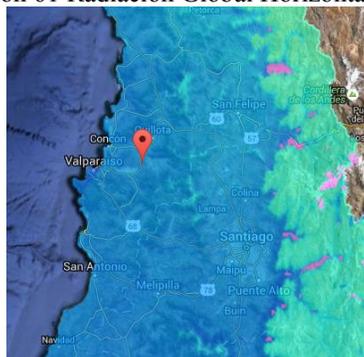


Ilustración 63 Radiación Global Horizontal - Julio

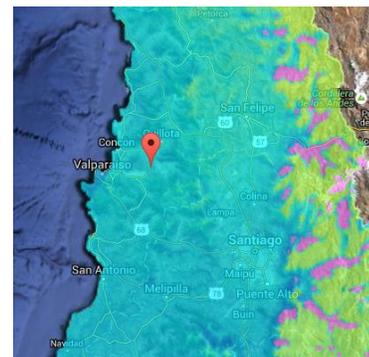


Ilustración 64 Radiación Global Horizontal - Agosto

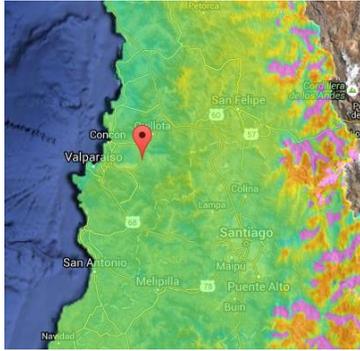


Ilustración 65 Radiación Global Horizontal - Septiembre



Ilustración 66 Radiación Global Horizontal - Octubre

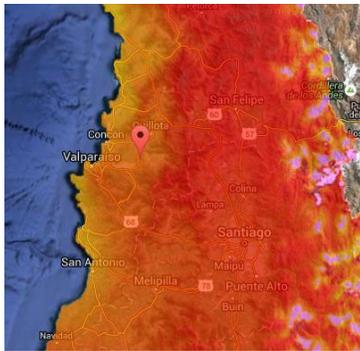
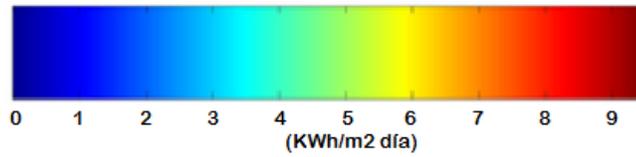


Ilustración 67 Radiación Global Horizontal - Noviembre



Ilustración 68 Radiación Global Horizontal - Diciembre

**Escala de Radiación Global Horizontal**



Fuente: Cartas solares – Explorador Solar Universidad de Chile

ANEXO IV.- Contribución Solar Mínima

Para el cálculo de la contribución solar mínima el SERVIU utiliza el: “Algoritmo de verificación del cumplimiento de la contribución solar mínima (CSM)”, que utiliza una serie de parámetros, para el cálculo de la contribución energética mínima del SST a la vivienda. Los datos usados son solo informativos y referenciales, sin embargo, se utilizan como base para el cálculo de la instalación de SST en viviendas sociales.

Este algoritmo considera los datos técnicos de la comuna a evaluar como son: Latitud media y Zona climática; Factor modificador de la radiación incidente a una radiación inclinada; Radiación solar global, media mensual y media anual, sobre superficie horizontal; Radiación solar difusa, media mensual y media anual, sobre superficie horizontal; Temperatura ambiente media mensual y media anual de la comuna; y Temperatura del agua de la red media mensual y media anual de la comuna.

Además considera; la demanda diaria de ACS (L/día), la que se obtiene según el tipo de SST y el número de dormitorios en la vivienda, con evaluación para viviendas unifamiliares y multifamiliares; el Volumen de almacenamiento del depósito acumulador en litros (L); la Superficie medida en área (A) instalada de CST (en m<sup>2</sup>), se debe cumplir que  $40 \leq V/A \leq 180$ ; el ángulo de inclinación del panel solar respecto a la horizontal ( $\beta$ ); la Orientación del CST (Azimut), que corresponde al ángulo en el plano horizontal de la proyección solar sobre la superficie del meridiano del lugar, expresado en grados (°) y que varía entre 180° Y -180° (0° corresponde a Norte, 90° a Oeste, -90° a Este y 180 y -180 a Sur); el Factor global de perdidas (UL) que representa las perdidas lineales del colector indicado por el fabricante y se expresa en (W/m<sup>2</sup>K); la Eficiencia óptica del colector ( $\eta_0$ ) indicada por el fabricante, expresa en porcentaje (%); y por ultimo las Pérdidas por sombra en porcentaje (%).

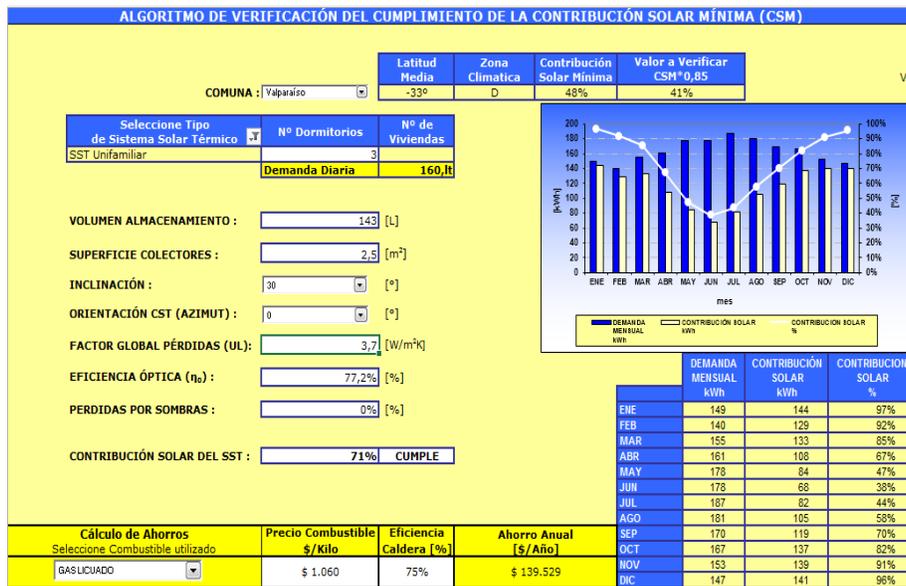


Ilustración 69 Simulación de CSM para la región de Valparaíso y ahorro en gas licuado, para SST básico

Fuente: Manual de Colectores Solares Térmicos, MINVU.

Ingresados los datos, el colector nos entrega como datos de salida; la contribución solar del SST expresada en porcentaje (%); el cumplimiento o no de la contribución solar mínima, considerando una tolerancia en la verificación; Valor de las pérdidas por inclinación y orientación; el Grafico de la demanda mensual de energía para el calentamiento de agua y la contribución del SST expresado tanto en KWh como en porcentaje de la demanda; Cuadro con los valores mensuales de energía para calentar agua y la contribución solar del SST, expresado en KWh y en porcentaje de la demanda.

El algoritmo además entrega el cálculo de ahorros en combustible, en que se debe ingresar; el tipo de combustible al que reemplazará el colector solar; el precio del combustible según la unidad solicitada; y la eficiencia de la caldera o sistema que utiliza el combustible a reemplazar. Entregando como dato de salida el ahorro anual al reemplazar el sistema de combustible al reemplazarlo por el SST.

Ahorro por reemplazo de sistema	Precio Combustible (\$/kilo)	Eficiencia del sistema (%)	Ahorro Anual (\$/Año)	Recuperación de la Inversión (años)
Gas Licuado	\$1.060	75%	\$139.529	10
Kerosene	\$711	75%	\$102.021	13,7
Gas Natural	\$ 845	75%	\$144.081	9,7
Leña	\$110	75%	\$ 50.057	28
Carbón	\$700	75%	\$159.273	8,8
Electricidad	\$67	75%	\$124.085	11,3

Tabla 16 Ahorro de CST vs Distintos combustibles y recuperación de la inversión.

Fuente: Elaboración propia, con datos de SERVIU

## ANEXO V.- Radiación Solar

La principal y más abundante fuente de energía en la tierra es la que emite el Sol, que emite su energía a través de radiación, la que incide directamente en la superficie terrestre. La energía solar que recibe la tierra en una hora es la equivalente al total de energía consumida por la humanidad en un año. Esta energía varía distintamente en cada hemisferio de la tierra dependiendo de la estación en que se encuentre, teniendo el máximo y mínimo de radiación en verano e invierno respectivamente. Caso contrario en zonas cercanas al eje terrestre en que las variaciones son menores. El hemisferio sur presenta levemente una mayor cantidad de radiación que el hemisferio norte en el verano respectivo.

La cantidad de radiación que se recibe en la superficie terrestre depende principalmente del ángulo de incidencia del sol sobre la misma superficie, tomando en cuenta la curvatura de la tierra, además de la posición del sol respecto de una zona geográfica específica, la energía que es recibida variará durante el día dependiendo de las horas de sol en la que se realice la medición.

Esta energía puede ser aprovechada de diversas maneras como son; generación eléctrica; como calor (energía térmica), con la única desventaja de la necesidad de combinar con otros sistemas, o de la necesidad de incluir sistemas de almacenamiento, debido a que solo se recibe durante las horas del día.

La energía solar puede producir energía eléctrica mediante sistemas fotovoltaicos o indirectamente a través de sistemas de generación de calor (vapor) o, utilizada para calentar agua a través de colectores solares. Los sistemas fotovoltaicos y los colectores solares son modulares y escalables, desde pequeños sistemas para uso en viviendas hasta grandes instalaciones para fines industriales.

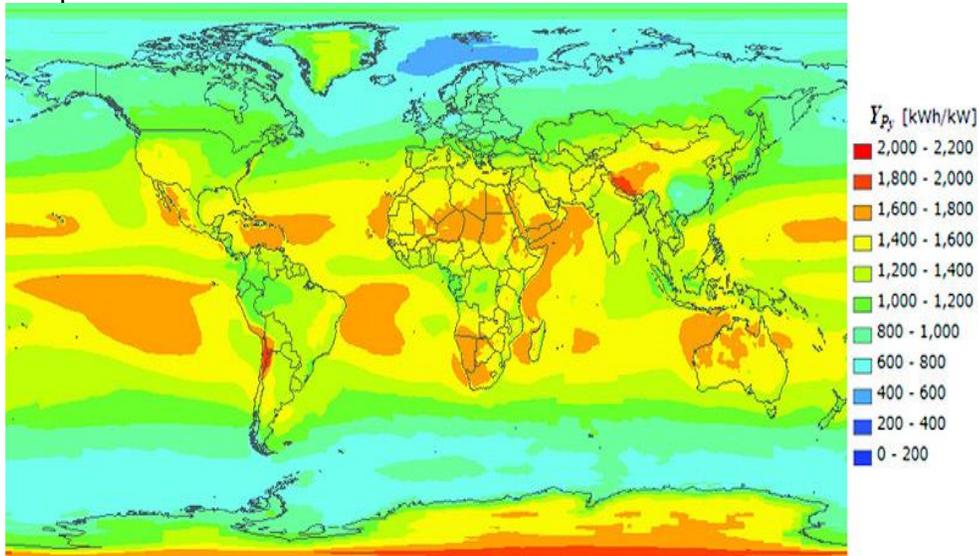


Ilustración 70 Imagen del potencial de generación de energía solar mundial - Universidad de YALE  
Fuente: Informe de Generación Solar Mundial – Universidad de YALE.

## Radiación Solar en Chile

Chile es la zona geográfica que mayor cantidad de radiación solar recibe en el mundo, con territorios en el norte grande que captan un pick de radiación por sobre los 7 KWh/m<sup>2</sup>, con un promedio anual de 2500 KWh/m<sup>2</sup>. El país posee la más alta capacidad para uso de energía solar.

Como se pudo apreciar en la Ilustración 70 Imagen del potencial de generación de energía solar mundial - Universidad de YALE, existe una zona que recibe de mejor manera la energía solar, que se concentra dentro de la zona de los trópicos y que se denomina Cinturón de Sol, que va desde los 35°N hasta los 35°S. Este alcanza a cubrir casi la mitad del país, haciendo de Chile un país privilegiado en el potencial de desarrollo de tecnologías de energía solar, con un potencial prácticamente ilimitado desde el punto de vista del recurso solar. Chile posee grandes extensiones de terreno debido al desierto, con un potencial de instalación para generación eléctrica de 100.000 MW<sup>9</sup>.

**Tabla de promedio anual de energía por incidencia solar en Chile**

Comuna	KWh/m <sup>2</sup> año	Comuna	KWh/m <sup>2</sup> año
Calama	2506	Linares	1563
San Pedro de Atacama	2455	Chillán	1534
Diego de Almagro	2429	Talca	1509
Antofagasta	2360	Los Ángeles	1498
Arica	2342	Concepción	1497
Copiapó	2174	Juan Fernández	1475
Iquique	2067	Valparaíso	1431
Chañaral	2055	Viña del Mar	1429
Santiago	1843	Coyhaique	1347
La Serena	1814	Valdivia	1338
Ovalle	1749	Osorno	1271
Los Andes	1706	Puerto Montt	1212
Coquimbo	1701	Castro	1163
San Fernando	1657	Aysén	1126
Curicó	1615	Punta Arenas	872
Rancagua	1602		

Tabla 17 Visión general del recurso en el Norte Grande de Chile y aspectos técnicos para el diseño y operación de grandes plantas – Fundación Chile.

Fuente: Elaboración propia, con datos del informe Energía Solar.

<sup>9</sup> Dato del Centro Nacional para la Innovación y Fomento de las Energías Sustentables-CIFES, 2015.

### Radiación Solar en Valparaíso

Valparaíso posee un gran potencial de generación solar recibiendo un promedio de 1.431 KWh/m<sup>2</sup> al año, con una máxima promedio de 5,71 KWh/m<sup>2</sup> cada día y valores pick por sobre 8,2 KWh/m<sup>2</sup>. Además, la Región se encuentra en la latitud 33° Sur, por sobre los 35° Sur que limitan la zona del Cinturón del Sol terrestre.

La radiación solar promedio mensual, que recibe Valparaíso puede ser observada en las Imágenes del ANEXO III, obtenidas del Explorador Solar del Centro de Energía Renovable No Convencional de la Universidad de Chile:

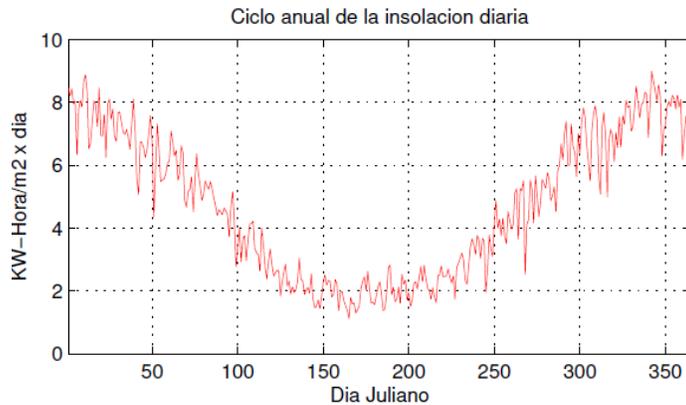


Ilustración 71 Promedio entre los años 2003 y 2011 de la insolation diaria  
Fuente: Datos del Explorador Solar de Chile.

Mes	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Promedio
Enero	8.24	7.24	7.98	7.63	7.65	7.70	7.54	7.56	7.69	7.32	7.66
Febrero	7.00	6.29	5.96	5.78	6.13	6.72	6.46	6.68	6.52	7.39	6.49
Marzo	5.87	5.12	5.71	6.23	5.03	5.76	4.73	4.97	5.64	5.76	5.48
Abril	3.35	3.77	4.32	3.84	3.56	3.52	3.28	3.67	3.61	3.50	3.64
Mayo	2.17	2.18	2.25	1.98	2.33	2.02	2.13	2.28	2.23	2.15	2.17
Junio	1.67	1.95	1.72	1.77	2.01	2.04	1.61	1.69	2.21	1.83	1.85
Julio	2.06	2.31	1.86	1.84	2.23	1.90	2.04	2.10	2.29	2.34	2.10
Agosto	2.53	2.86	2.45	2.60	3.11	2.83	2.44	2.76	2.83	2.68	2.71
Septiembre	3.89	4.21	4.13	4.12	4.21	4.23	4.06	4.11	4.24	3.99	4.12
Octubre	5.97	5.79	5.88	5.96	6.61	5.74	5.68	5.86	6.44	6.34	6.03
Noviembre	7.02	6.82	7.04	7.00	7.57	7.10	7.10	6.95	7.30	6.51	7.04
Diciembre	7.94	8.30	7.05	8.40	7.75	7.11	8.38	7.20	7.17	8.01	7.73

Tabla 18 Promedio mensual de energía sumada sobre todas las horas del día, Valparaíso  
Fuente: Datos del Explorador Solar de Chile

El promedio de captación de energía solar de la V Región, hace posible el desarrollo de iniciativas tecnológicas relacionadas a la generación con energía solar, con buenos índices de eficiencia gracias al potencial de la zona, respecto de la radiación percibida, con valores mínimos de 1,85 KWh/m<sup>2</sup> promedio en los meses de menor radiación solar y máximos de 7,73 KWh/m<sup>2</sup> en los meses de mayor radiación solar en la Zona.

## ANEXO VI .- Subsidios SERVIU V Region

El Ministerio de Vivienda y Urbanismo a través del SERVIU Valparaíso, entrega una batería de subsidios para; compra y construcción de viviendas nuevas; mejora de viviendas usadas; mejora del entorno de los condominios sociales; y arriendo de viviendas. Estos subsidios son destinados a familias de sectores vulnerables y medios.

Es de interés a la presente tesis el subsidio para mejora de viviendas usadas, que cuenta con subsidios para; Mejora de cites; Ampliación de viviendas; Acondicionamiento térmico; y reparación y mantenimiento de viviendas, este último es nuestro objeto de análisis, ya busca detener el deterioro y mejorar las viviendas de sectores vulnerables y medios, apoyando el financiamiento en áreas como:

- De Seguridad de la Vivienda: Reparación de cimientos, pilares, vigas, cadenas o estructura de techumbre y pisos u otras similares.
- De Habitabilidad de la Vivienda: Mejoramiento de instalaciones sanitarias, eléctricas o de gas; reparación de filtraciones de muros y cubiertas; canales y bajadas de aguas lluvia; reposición de ventanas, puertas, pavimentos, tabiques, cielos u otras similares.
- De Mantenimiento de la Vivienda: Reparación de ventanas, puertas, pavimentos, tabiques, cielos, pinturas interiores o exteriores u otras similares.
- De Mejoramiento de Bienes Comunes Edificados: Mejoramiento de escaleras, pasillos comunes, techumbres en circulaciones comunes, protecciones, iluminación u otras similares, así como obras de los tipos señalados en los puntos anteriores que correspondan a bienes comunes edificados.
- De Innovaciones de Eficiencia Energética: Colectores solares, iluminación solar, tratamientos de separación de aguas u otras similares.

Siendo esta ultima el área en que se desarrolla esta tesis, específicamente en cuanto a la innovación de eficiencia energética a través de colectores solares, y que permite financiar el desarrollo de proyectos de instalación de paneles solares térmicos en viviendas sociales usadas.



Ilustración 72 Campo de subsidios para Eficiencia Energética  
Fuente: Elaboración Propia

Desde el año 2011 a la fecha, se ha venido implementando el Chile el programa de protección del patrimonio familiar (PPPF), cuyo objetivo principal es contribuir a mejorar la calidad de vida de las personas o familias, mediante la detención del proceso de obsolescencia y deterioro, en barrios y viviendas principalmente de sectores vulnerables, hasta el tercer quintil de vulnerabilidad.

Las obras de innovación de Eficiencia Energética abordan proyectos de innovaciones tecnológicas que contribuyan a mejorar la eficiencia energética de la vivienda o en bienes comunes construidos de una copropiedad a intervenir, de manera de rebajar los gastos generales, costos de mantención y/o los cobros por servicios básicos.

Las familias dueñas de viviendas sociales pueden postular a subsidios para instalación de paneles solares térmicos en un proceso definido por SERVIU. El proceso de postulación a subsidios hasta la implementación del proyecto consta de los siguientes pasos:

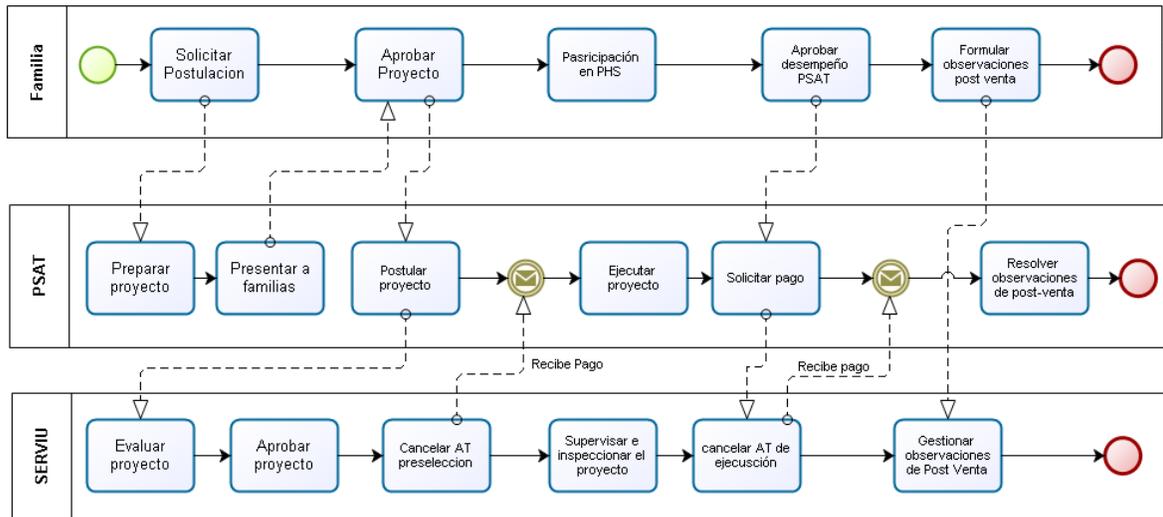


Ilustración 73 Diagrama proceso de postulación subsidios.  
Fuente: Informe final PPPF - MINVU

### ANEXO VII- Antecedentes a presentar en proyecto:

Nº	ARCHIVADOR N° 1 ANTECEDENTES ADMINISTRATIVOS	CONDICIÓN
1.	Nómina de Postulantes	Obligatorio; sólo para postulación colectiva
2.	Carátula de Postulación Colectiva (Títulos I, II o III)	Obligatorio; según al Título que se postule
3.	Ficha de Identificación Individual Postulación Colectiva (Títulos I, II o III)	Obligatorio; según al Título que se postule
4.	Carátula de Postulación Individual (Títulos II o III)	Obligatorio; según al Título que se postule
5.	Acreditación que constituyen un Grupo Organizado	Obligatorio; sólo en caso de postulación colectiva
6.	Declaración jurada simple que indique ser propietario o asignatario de la vivienda, <b>y que ni él ni su cónyuge son propietarios o asignatarios de otra.</b>	Obligatorio; para postulaciones al Título I y tipo de proyecto b.4) señalado en Art. 8° del Título II, no se requiere certificar lo indicado en <b>negrita</b>
7.	Acreditar contar con ficha CAS o FPS	Obligatorio para Título II y III y opcional para Título I.
8.	Certificado que acredite el carácter de Vivienda Objeto del Programa	Obligatorio
9.	Certificado que acredite haber enterado el ahorro mínimo	Sólo para cuentas con Bancos que no tienen chequeo en línea con el MINVU.
10.	Mandato que autoriza al SERVIU solicitar información de la cuenta de ahorro	Obligatorio
11.	Declaración Jurada Simple que acredite contar con aportes adicionales	Sólo si existen aportes adicionales
12.	Copia del Contrato firmado con un PSAT o Convenio con Municipio	Obligatorio, de acuerdo al contrato o convenio tipo aportado por SERVIU
13.	Acta de acuerdo de la Asamblea Extraordinaria de Copropietarios que autoriza el proyecto	Sólo si se afectan bienes comunes de un Condominio de Vivienda
14.	Contrato de obras de construcción suscrito con un contratista o constructor que cumpla el Art. 34 del D.S. N° 255 (V. y U.) de 2006	Obligatorio, de acuerdo al contrato tipo aportado por el SERVIU.
15.	Personalidad Jurídica propia que acredite estar organizado como organización comunitaria	En caso de postulaciones Colectivas
16.	Certificado entregado por el COMPIN, que acredita Enfermedad Catastrófica y/o Discapacidad del postulante o de cualquiera de los integrantes de su grupo familiar.	Opcional
17.	Autorización Municipal para intervenir Bienes Nacionales de Uso Público	Sólo para proyectos que los afecten.
18.	Escritura de constitución de comodato o copia del acta de la respectiva sesión del Concejo Municipal, compromiso de constituir comodato a favor del grupo postulante por un plazo de al menos diez años.	Sólo para el Título I, para proyectos emplazados en terrenos municipales.
19.	Permiso de Edificación o Anteproyecto Aprobado por el DOM cuando sea pertinente.	Cuando corresponda.
20.	Certificado de Recepción Municipal para otorgar puntaje de antigüedad de la vivienda	Opcional para Títulos II y III.
21.	Copia de Certificado de Recepción Municipal que acredite que la superficie de la vivienda original. Cuando el subsidio solicitado sea superior al mínimo que se otorga en la comuna.	Título III.
22.	Plan de Habilitación Social.	Obligatorio para todos los títulos cuando se trate de postulaciones Colectivas.
23.	Documento financiero que acredite tener aportes de terceros como ahorro, enterados con anterioridad a la postulación.	Sólo Título 1, a excepción de proyectos de mejoramiento en terrenos de la copropiedad.

Tabla 19 Antecedentes a presentar en proyectos SERVIU.

Fuente: Manual de postulación a subsidios SERVIU

Doc. Nº	ARCHIVADOR N° 2 ANTECEDENTES TÉCNICOS (Carpeta de Proyecto)	CONDICIÓN
24.	Descripción y Especificaciones Técnicas	Obligatorio
25.	Presupuesto y Cubicaciones	Obligatorio
26.	Plano de Ubicación de las obras según Título	Obligatorio
27.	Archivo fotográfico digital que grafique la situación original del entorno y del equipamiento comunitario o vivienda a intervenir	Obligatorio
28.	Planos de las obras a ejecutar	Sólo si se requiere

Tabla 20 Carpeta de proyectos, antecedentes a presentar para banco de proyectos.

Fuente: Manual de postulación a subsidios SERVIU

## ANEXO VIII.- Caratula de evaluación técnica de SERVIU:

<b>Programa de Protección del Patrimonio Familiar</b> D.S N° 255 (V. y U.) de 2006 <b>CARÁTULA DE POSTULACIÓN COLECTIVA</b> <b>TITULO I</b>			 Gobierno de Chile
<b>1 - Identificación del Grupo</b>			VB*SERVIU
Nombre :		CODIGO :	
<b>2 - Identificación del Representante Legal</b>			
Nombre:		Grupo Organizado :	
Dirección :		Rut :	-
Comuna :		e-mail :	@
Región:		Fono:	
<b>3 - Identificación del Asistente Técnico o Municipio</b>			
Nombre:		Convenio :	
Dirección :			
Comuna :	Región:	Rut :	-
Fono:		e-mail :	@
<b>4 - Identificación del Constructor o Contratista</b>			
Nombre:		Contrato :	
Dirección :		Inscrito en Registro	
Comuna :	Región:	Rut :	-
Fono:		e-mail :	@
<b>5 - Tipo de Proyecto</b>			
(a.1)	Proyectos de Mejoramiento de Espacios Públicos		
(a.2)	Proyectos de Mejoramiento de Inmuebles Destinados a Equipamiento Comunitario.		
(a.3)	Proyectos de Mejoramiento en el Terreno de la Copropiedad		
Indicar si el proyecto sólo mejora un Bien Nacional de Uso Público			
<b>6 - N° de integrantes de Grupo que postulan</b>		N°:	
<b>7 - Financiamiento del proyecto (Monto Total)</b>			
Valor Total del Proyecto	Unidades de Fomento	U.F:	
Aporte Adicional		U.F:	
Monto de Subsidio		U.F:	
Monto de Ahorro Propio o Aporte de Terceros equivalente a dicho ahorro.		U.F:	
<b>8 - Acreditaciones y/o certificaciones (según corresponda)</b>		Indicar ( Si - No ) ▾	
Acta de acuerdo de la Asamblea Extraordinaria de Copropietarios que autoriza el proyecto según Ley N° 19.537. En caso que el proyecto intervenga bienes comunes.			
Si el Proyecto cuenta con aportes adicionales indicar si se acompaña uno de los siguientes documentos:			
Declaración Jurada Simple que acredita contar con Aporte Adicional o Promesa de donación en dinero.			
Acreditar tener aportes de terceros como ahorro, enterados con anterioridad a la postulación.			
Acta de la Sesión del Concejo en que compromete Aportes Adicionales Municipales al proyecto.			
Comodato por 10 años del Municipio al Grupo Organizado para la ejecución de Proyectos de Mejoramiento del Entorno en terrenos municipales			
Carpeta del Proyecto de Mejoramiento del Entorno, con todos los antecedentes solicitados, según lo indicado en el Art. 21 letra j) del D.S N° 255 (V. y U.) del 2006.			
Plan de Habilitación Social de acuerdo a lo señalado en la Resol. N° 533			
Firma del Representante Legal del Grupo :		Firma del Asistente Técnico o Municipio:	
Fecha :			

Tabla 21 Caratula de proyectos a presentar en SERVIU.  
 Fuente: Manual de antecedentes de postulación a subsidios - MINVU

## ANEXO IX.- Lista de precios de Colectores Solares aprobados por SERVIU en 2016:

N° ítem	Descripción	Unidad medida	Cantidad UF
222	Colector solar de Agua de 160 lt.	N°	39,858
223	Colector solar de Agua de 250 lt.	N°	30,9257
224	Colector Solar térmico (2050 x 2420 x 189 mm)	N°	28,3196
225	Colector Solar térmico (2099 x 1099 x 110 mm)	N°	31,0892

Tabla 22 Precios de Colectores Solares SERVIU.  
Fuente: Lista de precios aprobados - SERVIU

## ANEXO XII.- Tabla de signos del software BIZAGI

Figura	Nombre	Descripción
	Evento de inicio	indica el comienzo de un proceso o flujo de secuencias
	Evento de Fin	Indica el punto culmine de un proceso o flujo de secuencia.
	Compuerta de decisión	Permite que un flujo de secuencia dentro de un proceso tome 2 o más caminos alternativos.
	Compuerta de decisión compleja	Permite que un flujo tome 2 o más caminos, dependiendo de procesos complejos
	Tarea	Indica una actividad que ocurre dentro de un proceso.
	Tarea de usuario	Indica que una actividad depende de un usuario.
	Tarea de Servicio	Indica que una actividad depende de un Servicio.
	Tarea de recepción	Indica que una tarea implica la recepción de un objeto.
	Tarea de Envío	Indica que una tarea implica el envío de un objeto.
	Flujo de secuencia	Ilustra el orden en que las actividades serán ejecutadas en un proceso.
	Lanza evento	Determina si un evento se envía o recibe

Tabla 23 Simbología de BPMN Bizagi.  
Fuente: Elaboración propia.