



# Compilado de experiencias de becados del programa de pasantías al extranjero: Convocatorias 2015- 2016

---

Ministerio de Energía - División de Prospectiva y Política Energética

-2018-



# Contenidos

---

Introducción.....	3
Listado de becados .....	4
Plataformas de simulación en tiempo real: nuevas herramientas para el cumplimiento de protocolos frente a la integración de nuevas tecnologías en sistemas eléctricos de potencia.....	5
Compilación de pasantías seleccionadas .....	8
Desecho de la minería no metálica como materiales de almacenamiento termoquímico .....	8
Estudio del efecto de la temperatura en una planta PV en el rendimiento y control por parte de los inversores .....	9
Modelo australiano de eficiencia energética. Experiencias, aprendizajes y desafíos para Chile ...	9
Generación de capacidades para el desarrollo de refrigeración solar de productos agropecuarios en Chile.....	10
Modelación de reservorios geotérmicos usando TOUGH2+librerías. Aplicaciones para la realidad geológica chilena.....	11
Solar Robotics.....	12
Diseño del modelo de gestión para la creación de un observatorio territorial de Energía para Chile.....	13
Estudio de incentivos para estrategias de eficiencia energética en el sector privado del centro-sur de Chile.....	14
Identificando las condiciones óptimas para formar reservorios geotermales en los Andes de Chile.....	15
Eficiencia energética y fuentes renovables no convencionales en la industria de la construcción en Nueva Zelanda.....	16
Identificando las condiciones óptimas para formar reservorios geotermales en los Andes de Chile.....	17
Mercado de servicios complementarios (SSCC) como impulso al desarrollo de las Energías Renovables No Convencionales (ERNC) .....	18
Eficiencia energética térmica para contrarrestar la mala calidad del aire del sur de Chile .....	18
Predicción del recurso solar .....	19
Concentración solar e integración de ERNC en la red eléctrica .....	20
Confiabilidad y resiliencia de smart grids.....	23

Tecnologías para aprovechamiento energético de la biomasa, calefacción distrital y producción de biogás. La experiencia de Finlandia.....	23
Energías marinas en Escocia como aprendizaje para el desarrollo en Chile.....	25
Plataformas de simulación en tiempo real: nuevas herramientas para el cumplimiento de protocolos frente a la integración de nuevas tecnologías en sistemas eléctricos de potencia....	26
Análisis técnico y económico de alternativas de almacenamiento de energía aplicados a las mineras y sistema eléctrico chileno .....	27
Development of a framework to analyze storage services in the Chilean grid .....	29
Control de convertidores de potencia aplicados en la integración de sistemas de generación a la red eléctrica.....	31
Knowledge of Micro-Hydro technology to distributed generation and potential implementation in Chile.....	32
Eficiencia y educación energética .....	32
Conocimiento de las mejores prácticas en evaluación de proyectos de biogás para el apoyo a la preparación de proyectos en NAMA energías renovables para el autoconsumo .....	33
Identificación de oportunidades para la masificación de proyectos de energías renovables de pequeña y mediana escala a través del conocimiento de la experiencia de España.....	34
The value of storage systems in power system with demand respond system and high penetration of solar and wind energy.....	35
Sistemas de suministro de energía distrital para barrios sustentables. Incidencia de variables arquitectónicas en la eficiencia del sistema.....	36
Desarrollo energético de la Región de Valparaíso en la California Energy Commission .....	36
Diseño de un plan para la adaptación de redes de distribución para la incorporación de alta penetración de generación solar con gestión de la demanda .....	37
Mecanismos de monitoreo de la competencia en la industria eléctrica .....	38
Capacitación sobre evaluación post-ocupación de viviendas para el proyecto Red Nacional de Monitoreo .....	39
A forecasting model for wind power generation in stationary and non-stationary environments .....	40
Mecanismos de subastas y licitaciones para proveer servicios complementarios en el corto, mediano y largo plazo .....	41
Eficiencia energética en el sector público.....	44

## Introducción

En diciembre de 2015 se lanzó la Política Nacional de Energía al 2050, aprobada mediante Decreto Supremo Conjunto N°148, de 2015, la que fue elaborada en base a un trabajo abierto y participativo, estableciendo una serie de metas con el objeto de lograr las mejoras necesarias para contar con energía confiable, sustentable, inclusiva y a precios razonables. Para alcanzar esta visión al 2050, la Política Energética se sustenta en 4 pilares, siendo uno de ellos considerar a “la energía como motor de desarrollo”, que contempla en su lineamiento 18 el definir una política de ciencia, tecnología e innovación, para lo que el Ministerio de Energía elaboró una estrategia para dicha política, la que considera el otorgamiento de becas a pasantías internacionales, dentro de los que se incluye el “Programa en Energías” en conjunto con CONICYT.

Los objetivos planeados para el programa de pasantías son los siguientes:

- Fomentar y fortalecer la adquisición de nuevas capacidades y competencias en instituciones internacionales de primer nivel en el ámbito energético, con énfasis en investigadores/as que se encuentren en la primera etapa de sus carreras y profesionales y funcionarios/as chilenos/as y extranjeros/as residentes en Chile del sector público y privado en el área de energía.
- Adquirir experiencia profesional de primer nivel respecto a prácticas o tecnologías específicas en el ámbito energético en las temáticas prioritarias definidas en la Política Nacional de Energía.
- Establecer nuevos vínculos de cooperación internacional entre instituciones internacionales y nacionales que impulsen y/o fortalezcan nuevas líneas de trabajo en temáticas vinculadas a la energía.

A continuación se presenta un listado de todas las pasantías adjudicadas durante los años 2015 y 2016, correspondiendo a un total de 51 (se excluyen las becas otorgadas pero no ejecutadas) y posteriormente se entrega una compilación resumida de algunas de las pasantías realizadas.

El propósito fundamental de este informe es difundir las experiencias y contactos generados en las pasantías para aprovecharlas en el desarrollo de nuevos proyectos y además ser una guía referencial para los/as futuros/as postulantes.

## Listado de becados

Becado	Pasantía	Organización	País/Ciudad
<b>Andrea Lucía Gutierrez Rojas</b>	Analysis of mixed salt hydrates as thermochemical storage materials applied to medium temperature systems	German Aerospace Center	Alemania, Stuttgart
<b>Luis Eduardo Marín Sepúlveda</b>	Estudio del efecto de la temperatura en una planta PV, efecto en el rendimiento y en el control por parte de los inversores	University of Queensland	Australia, Queensland
<b>Evelyn Patricia Campos Flores</b>	Modelo australiano de eficiencia energética. Experiencias, aprendizajes y desafíos para Chile	Centre for Resources, Energy and Environmental Law (CREEL) en Melbourne University	Australia, Melbourne
<b>Gabriel Guillermo Merino Coria</b>	Generación de capacidades para el desarrollo de refrigeración solar de productos agropecuarios en Chile	Universitat Rovira i Virgili, CREVER	España, Tarragona
<b>Juvenal Antonio Letelier Villalón</b>	Modelación de reservorios geotérmicos usando TOUGH2+librerías. Aplicaciones para la realidad geológica chilena	Geothermal Institute de University of Auckland	Nueva Zelanda, Auckland
<b>José Gregorio Carrasco Benavides</b>	Evaluación modelo marginalista y pago por potencia en mercado de generación. Propuesta para pago por capacidad de energías renovables no convencionales y de sistemas de almacenamiento de energía	Imperial College London	Inglaterra, Londres
<b>Eduardo Andrés Soto Sepúlveda</b>	Solar Robotics	The Finnish Innovation Fund - Sitra	Finlandia, Helsinki
<b>Paola Alejandra Yañez Quiroga</b>	Diseño del modelo de gestión para la creación de un observatorio territorial de Energía para Chile	Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería (CIMNE)	España, Barcelona
<b>Alejandra Schueftan Hochstetter</b>	Estudio de Incentivos para Estrategias de Eficiencia Energética en el sector privado del centro-sur de Chile	University of British Columbia	Canadá, Vancouver
<b>Pablo Victor Miguel Sánchez Alfaro</b>	Identificando las condiciones óptimas para formar reservorios geotermales en los Andes de Chile	University of Auckland	Nueva Zelanda, Auckland
<b>Juan Pablo Blanco Moya</b>	Training and internship program on energy efficiency and non-conventional renewable energy sources (NCRE) at New Zealand's building industry	University of Auckland	Nueva Zelanda, Auckland
<b>Pablo Valenzuela Marabolí</b>	Modelo alemán de eficiencia energética, con un enfoque en soluciones basadas en ERNC	Wista-Management GMBH	Alemania, Berlín
<b>Johanna Fernanda Monteiro Zúñiga</b>	Mercado de servicios complementarios (SSCC) como impulso al desarrollo de las energías renovables no convencionales (ERNC)	Instituto de Investigación Tecnológica. Universidad de Comillas	España, Madrid

<b>Jean Paul Pinaud Mendoza</b>	Eficiencia energética térmica, para contrarrestar la mala calidad del aire del sur de Chile	Centro de Investigaciones Energéticas medioambientales y tecnológicas (CIEMAT)	España, Madrid
<b>Cristián Gustavo Cortés Aguirre</b>	Evaluación de procedimiento de predicción del recurso solar en un sitio específico en Santiago, Chile	University of California, San Diego	Estados Unidos, San Diego
<b>Patricio Valdivia Lefort</b>	Concentración solar e integración de ERNC en la red eléctrica	Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme	Alemania, Freiburg
<b>Alex Esteban Santander Guerra</b>	Interconexiones internacionales, gestión de demanda y almacenamiento energético, herramientas tecnológicas de monitoreo, acceso a la red e inserción de energías renovables	Red Eléctrica de España	España, Madrid
<b>Jorge Edgardo Pezoa Núñez</b>	Creación de capacidades para aumentar la confiabilidad de redes de energía frente a desastres naturales	Texas Tech University	Estados Unidos, Texas
<b>Christian Malebrán Ulloa</b>	Conocimiento de tecnologías sustentables para proveer calor centralizado	VTT Technical Research Centre of Finland	Finlandia, Jyväskylä
<b>Ricardo Ignacio Gálvez Cubillos</b>	Mecanismos de incentivos a la flexibilidad del sistema para permitir alta penetración de energías renovables no convencionales	GridLab	Alemania, Berlín
<b>Carolina Andrea Cuevas Gutiérrez</b>	Energías marinas en escocia como aprendizaje para el desarrollo en Chile	Aquatera	Escocia, Orkney
<b>Boris Pavez Lazo</b>	Plataformas de simulación en tiempo real: nuevas herramientas para el cumplimiento de protocolos frente a la integración de nuevas tecnologías en sistemas eléctricos de potencia	OPAL-RT Technologies	Canadá, Montreal
<b>Alfredo Ignacio Olivares Sepúlveda</b>	Análisis técnico y económico de alternativas de almacenamiento de energía aplicados a las mineras y sistema eléctrico chileno	KIT Energy Centre	Alemania, Karlsruhe
<b>Jorge Alejandro Salazar Bacovich</b>	Análisis de criterios territoriales, sociales y ambientales óptimos para la ejecución de parques solares en Chile, en función de la experiencia empírica e investigativa de España	Universidad de Sevilla	Sevilla, España
<b>María Luise Blender -</b>	Los fundamentos físicos del acondicionamiento térmico y el aprendizaje a distancia	Universidad Bauhaus Weimar	Alemania, Weimar
<b>Martín Elton Deves</b>	Development of a framework to analyze storage services in the Chilean grid	University of California Berkeley	Estados Unidos, Berkeley
<b>Harald Wilson Fernández Puratich</b>	Pasantía en tecnológica, modelos de negocio, sistemas de venta y distribución en la producción de energía a partir de biomasa en miras del desarrollo local rural.	Centro Tecnológico Forestal de Cataluña	España, Solsona,
<b>Marco Esteban Rivera Abarca</b>	Control de convertidores de potencia aplicados en la integración de sistemas de	The University of Nottingham	Inglaterra, Nottingham

generación a la red eléctrica			
<b>Daniel Nicolás Menares Schaub</b>	Knowledge of Micro-Hydro technology to distributed generation and potential implementation in Chile	Technical University of Munich (TUM)	Alemania, Munich
<b>Alex Oriel Godoy Faúndez</b>	Determinación de impactos en la recuperación de energía y materiales (REM) a partir de residuos y su relación con cambio climático: Factores técnicos, ambientales y regulatorios	Earth Engineering Center, Columbia University	Estados Unidos, New York
<b>Andrés Eduardo Morales Vargas</b>	Pasantía en eficiencia y educación energética	University of Florida	Estados Unidos, Gainesville
<b>Manuel Eugenio Tironi Rodó</b>	Nuevas metodologías de participación para el desarrollo energético	Universidad de Warwick	Reino Unido, Warwick
<b>Daniel Eduardo Almarza Farías</b>	Conocimiento de las mejores prácticas en evaluación de proyectos de biogás para el apoyo a la preparación de proyectos en NAMA energías renovables para el autoconsumo	Deutsches Biomasseforschungszentrum (DBFZ)	Alemania, Leipzig
<b>Marcelo Andrés Serrano Rossi</b>	Identificación de oportunidades para la masificación de proyectos de Energías Renovables de pequeña y mediana escala, a través del conocimiento de la experiencia en España	Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT)	España, Madrid
<b>Sergio Díaz Pizarro</b>	The value of storage systems in power system with demand respond system and high penetration of solar and wind energy	Universidad de Washington	Estados Unidos, Seattle
<b>Rodrigo Sánchez Mortenson</b>	Transferencia Tecnológica y de Capacidades para la Integración de ERNC Variable en el SING	National Renewable Energy Laboratory (NREL)	Estados Unidos, Boulder
<b>Muriel Andrea Díaz Cisternas</b>	Sistemas de suministro de energía distrital para barrios sustentables. Incidencia de variables arquitectónicas en la eficiencia del sistema.	KTH Royal Institute of Technology	Suecia, Estocolmo
<b>Hermann Alfred Balde Sepúlveda</b>	Pasantía para el desarrollo energético de la Región de Valparaíso en la California Energy Commission (CEC)	California Energy Commission (CEC)	Estados Unidos, Sacramento
<b>Pablo Matías Tello Guerra</b>	Diseño de plan para adaptación de redes de distribución para la incorporación de alta penetración de generación solar y la gestión de la demanda	Chiyoda System Technology Corporation	Japón, Tokyo
<b>Juan Pablo Kindermann Bassano</b>	Mecanismos de monitoreo de la competencia en la industria eléctrica	Imperial College London	Inglaterra, Londres
<b>Ignacio Andrés Rivas Zeballos</b>	Conocer experiencia de Denver implementando ordenanza local de eficiencia energética en edificaciones	City and County of Denver	Estado Unidos, Denver
<b>Paola Graciela Valencia Marticorena</b>	Capacitación sobre evaluación post-ocupación de viviendas para el proyecto Red Nacional de Monitoreo	Institute for Environmental Design and Engineering (IEDE),	Reino Unido, Londres

		University College London	
<b>Erick Enrique López Ovando</b>	A forecasting model for wind power generation in stationary and non-stationary environments	Universidad Técnica de Dinamarca Dinamarca	Dinamarca, Kongens Lyngby
<b>Renée Jocelyn Boche Olivares</b>	Medios de comunicación al servicio formador de la cultura energética	Berliner Energie Agentur, BEA	Alemania Berlín
<b>Sebastián Enrique Campos Flores</b>	Mecanismos de subastas y licitaciones para proveer servicios complementarios en el corto, mediano y largo plazo	California Independent System Operator ISO	Estados Unidos, Sacramento
<b>Carla Alejandra Douglas González</b>	Impulso al desarrollo energético descentralizado e inclusivo	California Energy Commission	Estados Unidos, Sacramento
<b>Juan Pablo Ávalos Valdebenito</b>	Modelos de optimización y procedimientos aplicados a un mercado de energía y servicios complementarios	California Independent System Operator ISO	Estados Unidos, Folsom
<b>Alexandra Danae Muñoz Surriba</b>	Eficiencia energética en el sector público	University College London Energy Institute	Reino Unido, Londres
<b>María Fernanda Riveros Inostroza</b>	Análisis y estudio de las diferentes opciones regulatorias para reforzar la seguridad de suministro y la resiliencia del sistema energético	Agencia Internacional de Energía	Francia, París
<b>Claudia Mariella Vicentelo Lupa</b>	Eficiencia energética para la planificación y desarrollo inteligente y sustentable del territorio	University of Chicago	Estados Unidos, Chicago.
<b>Juan Antonio Campos Abad</b>	Definición y medición de la pobreza energética	University College of London	Reino Unido, Londres

# Compilación de pasantías seleccionadas

## Desecho de la minería no metálica como materiales de almacenamiento termoquímico

Realizada por Andrea Gutiérrez Rojas de la Universidad de Antofagasta en el Instituto de Ingeniería Termodinámica del Centro Aeroespacial de Alemania (DLR), entre enero y julio del 2016.

### *Propósito de la pasantía*

Chile cuenta con un recurso solar excepcional en comparación a otros países, además de ser uno de los principales productores de sales, que en la actualidad son aplicadas en sistemas de almacenamiento térmico, tanto comerciales como experimentales. Estas ventajas hacen de Chile un país idóneo para la generación de tecnología de almacenamiento térmico, siendo las universidades y centros de investigaciones las instituciones indicadas para dar este primer paso.

En Chile se empezó a abordar hace algunos años la temática de almacenamiento de energía térmica, debido al gran recurso solar e industrial presente en la región. Los sistemas de almacenamiento térmico han demostrado ser, tanto a escala laboratorio como a escala comercial, una alternativa eficiente a la hora de generar calor en base a fuentes de energías renovables, y contribuir así a la reducción de emisión de gases de efecto invernadero liberados a la atmósfera. En este contexto, el principal propósito fue caracterizar desechos de la minería no metálica del norte de Chile para almacenamiento termoquímico.

### *Resultados de la pasantía*

Se realizó una caracterización de las sales Austrakanita y Canalita tanto química como morfológicamente. Se encontró que la Astrakanita no demuestra potencial para ser aplicada como material de almacenamiento termoquímico a las condiciones en que fue caracterizada, mientras que la Carnalita de Potasio lo tiene, a presiones bajas de vapor (<200 mbar).

En base a los resultados parciales obtenidos se sabe que la carnalita de potasio tiene potencial a presiones bajas, sin embargo aún es necesario modificar las condiciones de medición ligeramente, con el fin de obtener los parámetros termodinámicos para completar el estudio de equilibrio y el análisis cinético de las reacciones de deshidratación e hidratación de la carnalita de potasio. Para ello, se realizarán mediciones a menor velocidad de calentamiento y enfriamiento (<1 K/min), con un flujo húmedo constante durante la medición completa, a partir de los 70°C hasta 200°C.

Cuando se obtengan estas curvas de masa y de calor diferencial, se procederá al tratamiento de datos computacionalmente para obtener los calores de reacción implicados en ambos sentidos.

### *Tutor*

Marc Linder es líder del área de investigación “Sistemas Termoquímicos” del DLR. Su trabajo está enfocado a la aplicación de reacciones reversibles Sólido-Gas para aplicaciones relacionadas a energía.

## Estudio del efecto de la temperatura en una planta PV en el rendimiento y control por parte de los inversores

Realizada por Luis Marín Sepulveda de la Universidad Técnica Federico Santa María en Geothermal Energy Centre of Excellence de la Universidad de Queensland (UQ) en Australia, entre enero y julio del 2016.

### *Propósito de la pasantía*

El propósito es estudiar la factibilidad técnica económica de plantas híbridas fotovoltaica - concentración por torre central con almacenamiento térmico. Además investigar métodos de predicción para que la planta sea capaz de actuar a tiempo, de modo de lograr tener una mayor producción térmica y a la vez evitar posibles fallas de equipos que pudiesen ocurrir en el receptor por un aumento repentino en la radiación directa.

### *Resultados de la pasantía*

En esta pasantía se logró desarrollar distintos análisis técnico-económicos, de proyectos de la tecnología torre central, se logró la creación de una herramienta la cual es capaz de obtener un dimensionamiento de una planta del tipo de torre central, para diferentes localidades en Australia.

Se logró establecer un nexo entre la UTFSM y UQ para que a futuro se sigan realizando investigaciones en conjunto, como el uso de energía solar en la minería, ya que ambas universidades pueden compatibilizar sus conocimientos. También gracias a la participación en la asociación de estudiantes chilenos en UQ, se logró realizar una reunión con el CFO de CSIRO Chile, con el cual se estableció contacto para a futuro se pueda realizar un nexo entre los estudiantes de la UQ una vez que regresen a Chile.

### *Tutor y principales actores involucrados*

Kamel Hooman es director del Centro Queensland Geothermal Energy Centre of Excellence. Es pionero en el uso de materiales porosos en celdas de combustibles para aplicaciones en turbinas súper críticas utilizadas en plantas geotermicas y en plantas termo solares del tipo torre central.

Paul Maredith es director de UQ Solar y asesor técnico para el Australian Solar Thermal Initiative Strategic Advisory Board,

## Modelo australiano de eficiencia energética. Experiencias, aprendizajes y desafíos para Chile

Realizada por Evelyn Campos Flores de Asesorías ECF en Melbourne University en Australia, entre marzo y agosto del 2016.

### *Propósito de la pasantía*

El propósito de la pasantía es analizar la estructura de Australia (instituciones, comisiones, consejos y organismos), para determinar un modelo para potenciar un órgano especializado como la Agencia Chilena de Eficiencia Energética (AChEE) dentro de una nueva ley de eficiencia

energética, para que así esté facultado para fiscalizar, certificar y/o penalizar, como asimismo ser parte de educación en proyectos de eficiencia energética. Además, la pasantía aporta en la discusión de opciones y estructuras para una ley de eficiencia energética, tomando como referente el modelo australiano.

### ***Resultados de la pasantía***

Los resultados de la pasantía permiten demostrar que existen brechas tanto económicas como culturales entre Australia y Chile. Sin embargo, es posible encontrar un punto de partida en donde la voluntad política de Chile puede dar pie para poder obtener una mejor política de eficiencia energética, tomando en consideración la experiencia australiana. Asimismo, es posible determinar que la AChEE es un ente independiente, el cual podría efectuar perfectamente tareas ligadas a la fiscalización, certificación, así como la penalización en caso de incumplimiento, como a su vez ser un ente que genere y potencie la educación en eficiencia energética en todos los ámbitos.

Por otro lado, se debe destacar que el Proyecto de Ley de eficiencia energética chileno está en evaluación, por lo tanto cualquier comentario y/o mejora se puede efectuar antes de su publicación.

### ***Tutora y principales actores involucrados***

Lee Godden es la directora del Centro de Recursos, Energía y Derecho Ambiental. Investiga en leyes de recursos ambientales, leyes de recursos naturales, leyes del agua y derechos de tierras y recursos de los pueblos indígenas.

Brad Jessup es especialista en medio ambiente en la Universidad de Melbourne. Es miembro del Centro de Recursos, Energía y Derecho Ambiental y tiene un interés particular en la investigación interdisciplinaria que atraviesa áreas de derecho, medio ambiente, sociedad y política.

## **Generación de capacidades para el desarrollo de refrigeración solar de productos agropecuarios en Chile**

Realizada por Gabriel Merino Coria de la Universidad de Concepción en la Universitat Rovira y Virgili, CREVER en España, entre junio y julio del 2016.

### ***Propósito de la pasantía***

El propósito fue desarrollar investigación y tecnologías en refrigeración de frutas en su etapa de post cosecha a partir de fuentes no convencionales de energía, como lo es la energía solar, la que en particular tiene la ventaja de que tiene mayor disponibilidad precisamente cuando se dan las mayores demandas de refrigeración para frutas de exportación.

### ***Resultados de la pasantía***

Se investigaron los requerimientos de frío para preservar una cierta masa de berries en la Región del BíoBío durante la época de cosecha en los huertos, de manera que se preserven las cualidades organolépticas de los frutos hasta su traslado final al packing. Además se realiza el dimensionado de un sistema solar fotovoltaico de refrigeración. De acuerdo con lo determinado en el resultado

anterior se dimensiona un sistema fotovoltaico de refrigeración solar térmico por absorción para berries para la Región del BíoBío.

#### ***Tutor***

Alberto Coronas es profesor del Departamento de Ingeniería Mecánica en la Universidad de Rovira i Virgili, y director del Grupo de Investigación en Ingeniería Térmica Aplicada CREVER. Sus actividades de investigación están en el campo de la tecnología de absorción para refrigeración industrial y aire acondicionado, tecnologías de poli generación, transferencia de calor y propiedades termo físicas de nuevos fluidos para absorción, bombas de calor y sistemas de refrigeración.

### **Modelación de reservorios geotérmicos usando TOUGH2+librerías. Aplicaciones para la realidad geológica chilena**

Realizada por Juvenal Letelier Villalón del Centro de Excelencia en Geotermia de los Andes en el Geothermal Institute, University of Auckland en Nueva Zelanda, entre junio y noviembre del 2016.

#### ***Propósito de la pasantía***

El propósito es investigar sobre los efectos de la geometría de fallas en el transporte de calor en un sistema geotermal. En Chile, ello tiene aplicaciones directas en los sistemas volcán-sedimentarios del altiplano del norte, donde las estructuras controlan la dinámica de fluidos subterráneos. Para ello se desarrollar una primera versión del modelo numérico hidrológico de gran escala del campo geotermal de El Tatio/La Torta, usando el software TOUGH2. Este modelo debe explicar de forma precisa las observaciones en terreno y pozos.

#### ***Resultados de la pasantía***

Se desarrolla capacidad para formar capital humano avanzado en ingeniería de reservorios, que permite suplir la demanda de profesionales que necesitará esta futura industria, además de generar nuevo conocimiento científico.

El Tatio ha sido estratégico, ya que al ser el campo de geiseres más grande del hemisferio sur, todo el material que genere el modelo conceptual/numérico desarrollado puede derivar en nuevas campañas de geología y geofísica, algo que no se ha hecho desde los años 70's, además de una posible interacción con otros centros de investigación interesados en el trabajo.

#### ***Tutor***

John O'Sullivan desarrolla su investigación en ingeniería de reservorios geotérmicos, simulaciones y desarrollo de modelos de predicción.

### **Mercado de generación de energía eléctrica**

Realizada por José Carrasco Benavides de la Comisión Nacional de Energía en la University College of London UCL en el Reino Unido, entre enero y febrero del 2016.

### ***Propósito de la pasantía***

Uno de los desafíos para Chile es cómo aprovechar sus recursos, principalmente sus fuentes renovables. Los problemas que trae la generación con estas tecnologías se relacionan con la optimización del uso de la producción variable, intermitente y fuera de temporada. El desarrollo e integración de sistemas de almacenamiento de energía parece ser una forma adecuada de complementar de forma sostenible la generación de energías renovables tanto en aspectos técnicos como económicos. Sin embargo, eventuales acciones incentivadoras de la autoridad reguladora para el desarrollo de estas tecnologías deben mantener la coherencia con la base conceptual de los diferentes segmentos del mercado, en términos de energía, capacidad, servicios auxiliares, transmisión y demanda; siendo un asunto que debe ser tratado por separado y profundamente, siendo éste el propósito fundamental de la pasantía.

### ***Resultados de la pasantía***

Se pudo conocer en profundidad el sistema de mercado eléctrico del Reino Unido, uno de los primeros mercados liberalizados en el mundo. En base a esa experiencia es posible indicar que es posible cambiar el mercado energético chileno desde uno basado en los costos del mercado por uno basado en la oferta, cambiando la mirada hacia los clientes, para lo que sería beneficioso un esquema de intercambio energético con países vecinos. Ello traería desafíos en cuanto a la simplificación de las reglas y funcionamiento del mercado, incrementar la transparencia entre clientes y suministradores de energía, mejorar el monitoreo del mercado, incorporar incentivos para la optimización de la generación en base a renovables y cambiando el esquema de las licitaciones eléctricas.

### ***Tutor y principales actores involucrados***

Goran Strbac es profesor de sistemas de energía en UCL, con amplia experiencia en modelado avanzado y análisis de operación, planificación, seguridad y economía de sistemas de energía. Dirigió el desarrollo de enfoques y metodologías de análisis avanzado que se han utilizado ampliamente para informar a la industria, gobiernos y organismos reguladores sobre el papel y el valor de las nuevas tecnologías y sistemas emergentes para respaldar una evolución rentable hacia un futuro inteligente con bajas emisiones de carbono.

## **Solar Robotics**

Realizada por Eduardo Soto Sepúlveda de la empresa Phineal en el SITRA de Finlandia, entre abril y julio del 2016.

### ***Propósito de la pasantía***

El propósito de la pasantía es conocer el estado del arte de los sistemas de movilidad eléctrica y almacenamiento energético en los países escandinavos. En Chile actualmente existen grandes barreras para la implementación de nuevos sistemas de transporte y almacenamiento de energía eléctrica por lo que la pasantía contribuye a conocer el estado actual de las tecnologías, principalmente en buses y autos eléctricos.

Dado que Finlandia cuenta con un sistema muy desarrollado en transporte eléctrico, en trenes de larga distancia, en el sistema de tranvías en la capital (Helsinki), la red de metro y una creciente industria de vehículos eléctricos como autos y buses. Además, los países nórdicos, que incluyen Dinamarca, Suecia, Noruega, Estonia y Finlandia poseen una fuerte colaboración en materia de intercambios de tecnología y experiencias pilotos.

### ***Resultados de la pasantía***

Se logró un aumento de la red de contactos, con más de 50 especialistas y profesionales finlandeses. Además se implementa un proyecto piloto de medición de radiación solar en el edificio de SITRA durante un mes y se realizan pruebas con la estación phiNet10 y Solar Stick desarrollados por Phineal.

Se define un modelo de negocio que permite a Phineal SpA en Chile colaborar con una empresa Phineal Oy (sociedad limitada) en Finlandia para cooperar bajo un modelo de intercambio de tecnologías para ser aplicadas en Chile y Latinoamérica. El costo que tendría iniciar una empresa y operar durante 1 año en Helsinki habiendo a los 200.000 euros.

Se realiza el diseño de un modelo de 3 equipos electrónicos para la plataforma Solar Robotics. Anteriormente se habían definido dos equipos: karhu e ilves. En esta oportunidad se integra un tercer componente, denominado “kettu” system, que es un equipo que coordina las acciones de los otros dos dispositivos.

### ***Tutor y principales actores involucrados***

Jukka Noponen es consultor senior de Sitra. Fue anteriormente su director y responsable de la sostenibilidad ecológica y lideró los esfuerzos para hacer que el entorno construido fuera más eficiente en el uso de la energía y las ciudades y pueblos con más recursos, e introdujo simbiosis industriales en Finlandia.

Heikki Sorasahi es especialista en economía circular en Sitra. Es responsable del sector de la movilidad y la logística en la hoja de ruta de Finlandia a una economía circular. También es responsable de la publicación de Sitra sobre las empresas más interesantes de la economía circular en Finlandia.

## **Diseño del modelo de gestión para la creación de un observatorio territorial de Energía para Chile**

Realizada por Paola Yáñez Quiroga de la Corporación de Desarrollo Tecnológico de la Cámara Chilena de la Construcción, en el Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería CIMNE en España, entre abril y agosto del 2016.

### ***Propósito de la pasantía***

El propósito principal fue identificar y profundizar en sistemas de integración de datos aplicados a mejorar las condiciones de eficiencia energética de la construcción.

## **Resultados de la pasantía**

Se identificaron tres líneas de interés para Chile: la primera línea sería la de servicios de *Big Data* para empresas de energía (gas, electricidad y agua), que consiste en tratar la información energética que disponen las compañías, tanto de consumo energético de sus clientes, como de datos de la red de distribución como información de valor añadido o "factura inteligente" a sus clientes o como información interna de gestión de la demanda según las capacidades de la red. La segunda línea sería la de servicio de tratamiento de datos de consumos energéticos, encuestas, y estudios a nivel de viviendas, ciudades o país, que radica en la definición de indicadores, cálculo de *benchmarking* y tratamiento masivo, cuya información se concentra en una plataforma web y servicio de tratamiento de datos de edificios, tanto de tipología, uso, consumo energético, como de las medidas de ahorro y rehabilitación energética que se pueden llevar a cabo. El servicio de simulación y calibración de edificios existentes, que considera la simulación calibrada con monitorización corta de edificios para que ver diferentes impactos de las diferentes posibilidades de rehabilitación, sería la tercera línea de interés.

## **Tutora y principales actores involucrados**

Xavi Cipriano es líder del grupo *Bee-Group* e investigador en eficiencia energética y sistemas de energía solar en edificios y distritos urbanos.

Daniel Pérez es uno de los fundadores del *Bee-Group* e investigador en métodos numéricos para el análisis de los flujos de aire y la transferencia de calor térmico de los edificios y en el desarrollo y manejo de grandes volúmenes de datos servicios de gestión de energía.

## **Estudio de incentivos para estrategias de eficiencia energética en el sector privado del centro-sur de Chile**

Realizada por Alejandra Schueftan Hochstetter de la Universidad Austral en la University of British Columbia en Canadá, entre diciembre del 2015 y febrero del 2016.

## **Propósito de la pasantía**

El propósito de la pasantía fue obtener conocimientos en el ámbito de la eficiencia energética para aplicarse en el diseño de las políticas públicas debido a la existencia de un grave problema de contaminación ambiental que afecta a todas las ciudades del centro-sur de Chile y que ha ido aumentando en los últimos años.

## **Resultados de la pasantía**

Se adquirieron nuevos conocimientos al trabajar con un equipo que tiene un enfoque amplio y multidisciplinario sobre el tema de la eficiencia energética, enfocado a la participación del usuario en todo el proceso, desde la toma de decisiones hasta la implementación de las mejoras en las viviendas. Además, permitió el desarrollo de proyectos de investigación relacionados a las formas de implementación y modelos de financiamiento de las mejoras térmicas que se pueden implementar en las viviendas para reducir la demanda de calefacción.

### **Tutora y principales actores involucrados**

Nancy Olewiler es directora de la Escuela de Políticas Públicas de Simon Fraser University, profesora asociada en la Universidad de Queen y profesora visitante en la Universidad de Colorado, Universidad de California Berkeley y la Universidad de Nueva Gales del Sur. Sus áreas de investigación incluyen los recursos naturales y la política ambiental, el impacto de la regulación ambiental en la economía y la política fiscal del medio ambiente.

Hadi Dowlatabadi es director de investigación y profesor de matemática aplicada y cambio global de la Universidad de British Columbia y profesor adjunto en el Departamento de Ingeniería y Políticas Públicas de la Universidad Carnegie Mellon. Ha estudiado una amplia gama de temas que van desde cómo elegir las tecnologías de generación de electricidad bajo incertidumbre tecnológica y regulatoria a diferentes determinantes de la malaria en el mundo.

Hisham Zerriffi es profesor del Liu Institute for Global Issues de la University of British Columbia para temas globales. Su investigación está en la intersección de la tecnología, la energía y el medio ambiente, con un enfoque particular en las zonas rurales del mundo en desarrollo. Actualmente dirige un grupo de investigación con una aproximación inter-disciplinaria a problemas que incluyen temas de tecnología, medio ambiente y desarrollo en la Universidad de British Columbia.

### **Identificando las condiciones óptimas para formar reservorios geotermales en los Andes de Chile**

Realizada por Pablo Sánchez Alfaro del Centro de Excelencia en Geotermia de Los Andes en la University of Auckland, entre mayo y octubre del 2016.

#### **Propósito de la pasantía**

La pasantía busca comprender y modelar el rol que tienen las fallas y fracturas en la circulación de fluidos, para hacer más eficiente la búsqueda de las zonas permeables en los sistemas geotermales de los Andes. La ubicación de estas zonas que facilitan la circulación de fluidos es la mayor fuente de incertidumbre en la decisión de dónde perforar pozos profundos durante la exploración geotermal. De esta forma, el conocimiento generado en esta investigación tiene un potencial impacto en reducir el riesgo en aquella etapa crítica de la exploración de recursos geotermales de alta entalpía. De forma complementaria, tendrá un impacto en comprender los sistemas geotérmicos que pueden tener una aplicación de baja y mediana entalpía -usos directos-, considerando que en los Andes de Chile la mayor parte de estos reservorios están íntimamente relacionado a los sistemas de falla regionales.

#### **Resultados de la pasantía**

Se realizó un modelo conceptual del sistema geotermal Tolhuaca, el que está fuertemente afectado por la existencia de fallas y fracturas. A partir del análisis geológico estructural y basado en la compilación de datos publicados, se identificó una geometría simple y factible de modelar numéricamente para representar el efecto de la actividad de las fallas en el sistema geotermal. La geometría seleccionada es de *stepovers*, que forman un codo dilatacional (*dilational jog*),

geométricamente compuesta por dos fallas sub-paralelas unidas por una fractura oblicua (codo). Esta geometría ha sido identificada y descrita en el sistema geotermal Tolhuaca a diferentes escalas y profundidades.

#### ***Tutor y principales actores involucrados***

Julie Rowland es profesora asistente de la University of Auckland. Su investigación se centra en comprender cómo se mueven los fluidos calientes en la corteza. Es especialista en geología estructural y lleva esa perspectiva al problema de investigación.

John O'Sullivan es profesor de la University of Auckland. Su foco de investigación es la simulación computacional de la dinámica de fluidos para caudales ambientales. Parte de su trabajo se centra en el modelado del flujo de fluidos a través de medios porosos y su aplicación a los reservorios geotermiales. Esto incluye la mejora de modelos de reservorios geotérmicos incluyendo información geológica estructural; modelación inversa para ayudar en la calibración del modelo geotérmico y permitir el análisis de la incertidumbre de los modelos de reservorios geotérmicos; y el uso de secuencias de comandos y paralelización para manejar modelos numéricos grandes y complejos.

### **Eficiencia energética y fuentes renovables no convencionales en la industria de la construcción en Nueva Zelanda**

Realizada por Juan Pablo Blanco Moya del Centro UC de Innovación en Madera en la University of Auckland, en febrero del 2016.

#### ***Propósito de la pasantía***

El propósito de la pasantía está relacionado con la necesidad de aumentar las competencias y conocimiento en temáticas relacionadas con la eficiencia energética y la incorporación de fuentes de energía renovables no convencionales (ERNC) a la industria chilena, particularmente en el ámbito de la construcción. Esto debido a la importancia de la industria de la construcción en Chile, dado que posee un impacto significativo en la economía del país, el consumo de energía, el medio ambiente y la calidad de vida de los ciudadanos. Al respecto, el stock edificado contribuye al 33% en la emisión de gases efecto invernadero y material particulado, tanto en su construcción como en su operación. Además, el 26% de la energía del país es destinado a la operación edificios y solo la fase de construcción se encuentra actualmente regulada.

#### ***Resultados de la pasantía***

Se realizó un informe acerca de cómo la industria de la construcción neozelandesa, en particular la industria de la madera, incorporan estrategias de eficiencia energética e integran fuentes de energías renovables no convencionales. Además se realizaron avances en torno a un acuerdo de colaboración entre el Centro UC de Innovación en Madera (CIM UC) y la Escuela de Arquitectura de la Universidad de Auckland. Finalmente se logra una propuesta de proyecto de investigación en colaboración con académicos del Timber Building Studies Group y el Centro UC de Innovación en Madera.

### ***Tutor y principales actores involucrados***

John Chapman, es senior lecturer de la Escuela de Arquitectura de la Universidad de Auckland. Su trabajo está dedicado a la generación de sistemas de construcción en madera para edificios de carácter comercial.

Uwe Harald Klaus Rieger es associate professor de la Escuela de Arquitectura de la Universidad de Auckland. Su área de interés incluye arquitectura reactiva, procesos orientados a la producción de espacios a través de sistemas arquitectónicos dinámicos, fabricación digital y estrategias de construcción y diseño basados en Biomimicry.

Basil Sharp es director del Centro de Energía de la Universidad de Auckland. Su área de investigación se extiende desde el campo de la economía medioambiental, las leyes y la económica.

### ***Identificando las condiciones óptimas para formar reservorios geotermales en los Andes de Chile***

Realizada por Pablo Valenzuela Marabolí de la Superintendencia de Electricidad y Combustibles en WISTA Management, en Alemania, entre abril y mayo del 2016.

#### ***Propósito de la pasantía***

El propósito de esta pasantía, fue conocer el modelo alemán de eficiencia energética con un enfoque en soluciones basadas en ERNC, de modo de aportar en la discusión de un proyecto de ley de eficiencia energética.

#### ***Resultados de la pasantía***

El principal resultado de esta pasantía fue el aprendizaje del proceso realizado durante los últimos años a nivel local en la ciudad de Berlín para llevar a la práctica los objetivos nacionales en el ámbito de la eficiencia energética. En este sentido, los lineamientos generales y objetivos estratégicos fijados a nivel de leyes, tanto a nivel europeo como nacional, han requerido de un trabajo intenso de poner a disposición del mercado -en este caso, de generación y consumo de energía- de las herramientas necesarias para alcanzar dichos objetivos.

Especificamente, resultará de gran utilidad para el éxito de la futura ley de eficiencia energética en Chile la aplicación de los siguientes conceptos aprendidos: redes de eficiencia energética, redes inteligentes, la interacción entre consumidores, gestión de carga, nuevos estándares e instructivos técnicos para ámbitos de aplicación específicos.

#### ***Tutora***

Beate Mekiffer es jefa del departamento de proyectos estratégicos de Wista-Management GmbH. Es la encargada de proyectos estatales en Berlín y de proyectos internacionales en colaboración tripartita Alemania-Suiza-Austria.

## **Mercado de servicios complementarios (SSCC) como impulso al desarrollo de las Energías Renovables No Convencionales (ERNC)**

Realizada por Johanna Monteiro Zuñiga del Centro de Despacho Económico de Carga del Norte Grande en la Universidad de Comillas en España, el 2016.

### ***Propósito de la pasantía***

Con la entrada en vigencia del DS N°130 del año 2011, que aprueba el reglamento de los Servicios Complementarios (SSCC) en Chile, se definió un conjunto acotado de servicios que podían ser prestados en el sistema, los que se encuentran a la fecha en etapa de implementación, sin embargo se espera que entren en servicio durante el presente año 2016. Por otro lado, las metas de penetración de energías renovables no convencionales (ERNC) impulsadas por el gobierno de Chile son ambiciosas.

En ese sentido, el inminente comienzo del mercado de SSCC en Chile es una oportunidad para revisar, evaluar y dar a conocer cómo este mercado puede ser utilizado como una herramienta, con el fin de impulsar y facilitar una alta penetración de ERNC en el sistema eléctrico. Lo anterior, dado que se espera que los mayores requerimientos técnicos del sistema por la condición de un parque altamente renovable y variable, sean el gatillante de la apertura del mercado de SSCC a la definición de nuevos servicios técnicos necesarios para mantener la seguridad de suministro y calidad del sistema, de la mano de conseguir un sistema energético más limpio y sustentable.

### ***Resultados de la pasantía***

Dado que el Sistema Interconectado del Norte Grande se encuentra ad-portas de recibir una importante cantidad de ERNC, se identifican los SSCC actuales como insuficientes para realizar la operación diaria de forma adecuada.

La experiencia española indica que el mercado de ajustes y servicios complementarios responde bien a los desafíos técnicos que aparecen con la incorporación de ERNC.

Los incentivos que tienen los agentes por lo pagos de SSCC han permitido las inversiones necesarias para que la mayor cantidad de centrales puedan participar de estos mercados.

Los principales SSCC que se recomienda incorporar al SING son los siguientes: control terciario de frecuencia, pago por desvíos de generación y demanda, flexibilidad de unidades generadoras (banda y rampa), lo que podría considerarse como una exigencia de los SSCC, para lo cual el incentivo debiera ser suficiente para poder habilitar la mayor cantidad de unidades posible, debido a que no existe una sobre instalación importante de generación en el sistema.

## **Eficiencia energética térmica para contrarrestar la mala calidad del aire del sur de Chile**

Realizada por Jean Paul Pinaud Mendoza de la Subsecretaría de Medio Ambiente en el Centro de Investigaciones Energéticas Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT) en España, en abril del 2016.

### ***Propósito de la pasantía***

El propósito es hacer más eficiente la calefacción residencial por medio de centrales de calefacción distrital. En ese sentido, si bien España no es una de las grandes potencias en el desarrollo e implementación de estos sistemas a nivel mundial, posee experiencias que perfectamente pueden ser replicables en nuestro país, ya que no existe un marco legal que establezca claramente el cómo implementarlas y regular su utilización.

### ***Resultados de la pasantía***

Se logró conocer in-situ el desarrollo normativo en España en base a las condiciones de construcción eficiente, los aspectos técnicos, el funcionamiento y el monitoreo de proyectos de edificaciones energéticamente eficientes. Además la pasantía permitió acceder a los avances en torno a nuevas alternativas de biomasa, y su potencial para ser replicado en Chile, al desarrollo tecnológico en base a sistemas de calefacción e investigaciones asociadas a sus emisiones y eficiencia bajo diferentes tipos de biomasa. Otro aspecto importante es que se conoció aspectos técnicos de implementación y funcionamiento de centrales distritales de calefacción y agua caliente sanitaria. Además se formalizó el interés, para el desarrollo de futuros trabajos colaborativos entre CIEMAT y el Ministerio del Medio Ambiente de Chile.

### ***Tutor y principales actores involucrados***

María del Rosario Heras es investigadora principal y jefa de la Unidad de Eficiencia Energética en Edificación de CIEMAT. Su especialidad es la investigación en componentes y técnicas de climatización natural en los edificios y la integración de sistemas solares en las Smart Cities.

José Antonio Ferrer es jefe del Grupo de Investigación sobre Análisis Energéticos en Entornos Urbanos de la Unidad de Investigación en Eficiencia Energética en Edificación de CIEMAT. Ha desarrollado trabajos en el campo de análisis y desarrollo de técnicas naturales de acondicionado en los edificios, sistemas eficientes e integración de energías renovables.

Juan E. Carrasco es jefe de la Unidad de Biomasa del Centro de Desarrollo de Energías Renovables del CIEMAT (CEDER-CIEMAT). Su experiencia es en bioenergía en el ámbito de la producción, caracterización y evaluación de recursos de la biomasa.

Fernando Martín Llorente es jefe de la División de Contaminación Atmosférica y de la Unidad de Modelización y Ecotoxicidad de la Contaminación Atmosférica del Departamento de Medio Ambiente en CIEMAT.

### ***Predicción del recurso solar***

Realizada por Cristian Cortés Aguirre de Fraunhofer Chile Research en la University of California San Diego en Estados Unidos, entre marzo y julio del 2016.

### ***Propósito de la pasantía***

La predicción de la energía solar disponible se estudia con el fin de poder predecir el comportamiento de la radiación solar incidente en una determinada zona o área, considerando

distintos horizontes de tiempo: desde algunos minutos hasta varios días de antelación. Para este último caso se utilizan principalmente modelos numéricos de predicción del clima (NWP son sus siglas en inglés, de Numerical Weather Prediction). Mientras que para conocer con horas de antelación el comportamiento del recurso solar, se han desarrollado herramientas basadas en el procesamiento de imágenes satelitales. Modelos de predicción estadísticos se han construido para ambos horizontes de tiempo previamente descritos. En cuanto a la anticipación minutos antes que suceda lo predicho, se efectúa principalmente a partir de imágenes de cielo: fotografías tomadas desde la superficie terrestre hacia la atmósfera que registran su estado en torno al lugar de registro. Es este último sistema mencionado el que fue estudiado durante esta pasantía.

### ***Resultados de la pasantía***

A modo de conclusión, se puede señalar que la baja calidad de las imágenes utilizadas no permitió obtener un resultado del mismo nivel de los logrados con cámara USI. Sin embargo, la posibilidad de confirmar la versatilidad del algoritmo desarrollado en UCSD, y la oportunidad de conseguir resultados de menor calidad pero coherentes con la realidad, abre la posibilidad de considerar este tipo de cámaras comerciales (de menor costo) como un equipo complementario a la instalación de una cámara USI en terreno.

Como resultado parcial que aún se está trabajando, se tiene una publicación científica en conjunto con los investigadores de la UCSD. La publicación presentará una parte de los resultados de esta pasantía en conjunto con otros resultados desarrollados por un estudiante de magíster del grupo de trabajo de las cámaras de cielo del profesor Kleissl.

### ***Tutor***

Jan Kleissl es profesor asociado del Departamento de Ingeniería Mecánica y Aeroespacial de la Universidad de California San Diego (UCSD). Es director asociado del Center for Energy Research y editor del área Resource & Meteorology de la revista científica Solar Energy. Además, es uno de los tres representantes de Estados Unidos en la Task 46 de la International Energy Agency (IEA) en Predicción Solar.

## **Concentración solar e integración de ERNC en la red eléctrica**

Realizada por Patricio Valdivia Lefort de Corfo en Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme ISE en Alemania, entre enero y marzo del 2016.

### ***Propósito de la pasantía***

La tecnología de concentración solar de potencia CSP ha tenido un desarrollo menos explosivo debido a que esta tecnología es eficiente sólo cuando utiliza almacenamiento termo-solar, tecnología que aún está en etapa de desarrollo. Varios son los prototipos utilizados en almacenamiento termo-solar, como por ejemplo, la utilización de sales binarias y cuaternarias como medio de almacenamiento térmico.

El potencial de desarrollo del almacenamiento solar de la tecnología CSP en Chile es elevado debido a la alta radiación solar existente en el norte de Chile y por la abundancia de minerales,

tales como el litio, utilizados en algunas sales fundidas para almacenamiento termo-solar. Chile cuenta con recursos naturales adecuados para desarrollar esta tecnología, pero a la vez presenta importantes brechas tecnológicas y fallas de sistema que deben ser corregidas para poder aspirar al desarrollo tecnológico del almacenamiento solar, CSP y la integración de renovables en la red, que es el principal propósito a investigar en esta pasantía, con especial atención en ambientes industriales sustentables.

### ***Resultados de la pasantía***

El impacto de esta pasantía ha sido el de generar las capacidades necesarias y el capital humano especializado para facilitar y exigir el desarrollo en los centros de I+D aplicada de CORFO la tecnología de almacenamiento solar, CSP, y la integración de renovables en la red. De igual forma, se han creado y estrechado vínculos entre Chile y el instituto Fraunhofer de Alemania para facilitar la transferencia tecnológica, la investigación aplicada y el desarrollo de prototipos industriales en estos tópicos. De este modo, se ha reducido en parte la brecha tecnológica de falta de capital humano especializado en la temática de almacenamiento solar, CSP, y la integración de renovables en la red en Chile.

El vínculos estrechado entre Chile y el instituto Fraunhofer servirá para hacer el nexo entre el instituto, la industria, las universidades Chilenas, CORFO y otras instituciones públicas como CIFES, Ministerio de Energía y CONICYT en el ámbito de la I+D aplicada en las materias de esta almacenamiento termo-solar e integración de energías renovables en la red.

### ***Tutor y principales actores involucrados***

Werner Platzer es director de la división solar térmica y óptica de Fraunhofer ISE. Cuenta con más de 30 años de experiencia haciendo investigaciones y desarrollos en el ámbito de la energía solar térmica, en tecnologías para fachadas y en eficiencia energética en edificios, centrándose en los últimos años en tecnologías de concentración solar de potencia y colectores de concentración como los del tipo Fresnel, entre otros temas.

Joachim Koschikowski es jefe del grupo de tratamiento y separación de aguas de Fraunhofer ISE. Su experiencia radica en proyectos de investigación en sistemas de destilación por membranas y en desalación con uso de energía solar.

Thomas Fluri es jefe del grupo de plantas de concentración solar de potencia y almacenamiento de energía de altas temperaturas en Fraunhofer ISE. Su interés en investigación es en modelamiento, simulación y optimización de plantas solares de potencia y en el desarrollo de sistemas de almacenamiento térmico en altas temperaturas.

## **Interconexiones internacionales, gestión de demanda y almacenamiento energético, herramientas tecnológicas de monitoreo, acceso a la red e inserción de energías renovables**

Realizada por Alex Santander Guerra del Centro de Despacho Económico de Carga del Sistema Interconectado del Norte Grande CDEC-SING en la Red Eléctrica de España, entre mayo y julio del 2016.

### **Propósito de la pasantía**

Para contextualizar el interés del pasante, y de CDEC-SING, en adquirir competencias y experiencia internacional en otra institución coordinadora del sistema eléctrico, es necesario mencionar la situación actual que en Chile está viviendo el mundo energético. En primer lugar, CDEC-SING se encuentra en un proceso de integración con su homólogo en el país, CDEC SIC, dado que ambos sistemas eléctricos –actualmente separados– serán interconectados físicamente en el año 2018. Además, según lo establecido en la recientemente publicada Ley Nº 20.936, el 1 de enero de 2017 los CDEC dejarán de existir para dar paso a un nuevo organismo que opere el Sistema Eléctrico Nacional, adaptándose de esta manera a los nuevos desafíos energéticos que se están gestando en Chile, y en el resto del mundo, para el corto, mediano y largo plazo. Este Coordinador Independiente mantendrá su calidad de ISO (*Independent System Operator*), y dentro de las nuevas labores que deberá desarrollar.

El objetivo global de la pasantía fue adquirir competencias y experiencia en una institución europea de primer nivel en el ámbito energético, respecto de temáticas prioritarias identificadas en la Política Energética de Chile vigente. Además, dado que REE es el TSO (Transmission System Operator) de España, y dentro de sus actividades realiza labores de coordinación y operación del sistema eléctrico español, existe una relación directa con la organización del pasante, CDEC-SING, la cual realiza labores de coordinación y operación del SING (Sistema Interconectado del Norte Grande) en Chile. En este sentido, se puede decir que ambas organizaciones son homólogas en su misión: operar el sistema eléctrico al menor costo posible, resguardando la seguridad y calidad de servicio por sobre todas las cosas.

### **Resultados de la pasantía**

El becado tuvo la oportunidad de contar con una mirada amplia de las labores que un operador del sistema eléctrico en el mercado energético europeo desarrolla en la actualidad, y también conocer los nuevos proyectos y desafíos que tienen en carpeta, con tal de identificar los nuevos desafíos que pronto se deberán abordar en Chile. Es del caso mencionar el importante interés en España por conocer el mercado eléctrico chileno, lo cual se materializó con vastas presentaciones por parte del pasante a distintas personas de REE (en total se realizaron seis presentaciones en sus instalaciones, con unas diez personas asistentes promedio a cada una de ellas, quienes se mostraban muy interesados en los nuevos desafíos de nuestro país en términos de materia energética, y en general se comentaba que Chile tenía una gran oportunidad de impulsar una importante reforma en materia energética).

### **Tutor**

Miguel de la Torre Rodríguez es jefe del área de apoyo y operación de Red Eléctrica de España. Cuenta con experiencia en el desarrollo y comisionamiento del Centro de Control de Energías Renovables – CECRE.

## Confiabilidad y resiliencia de smart grids

Realizada por Jorge Pezoa Núñez de la Universidad de Concepción en la Texas Tech University (TTU) en Estados Unidos, entre enero y marzo del 2016.

### *Propósito de la pasantía*

El propósito de la pasantía realizada fue desarrollar competencias nacionales en modelación, simulación y análisis de confiabilidad en redes inteligentes de distribución de energía eléctrica - Smart Grids. El foco de la investigación fue el análisis de confiabilidad y resiliencia de las redes de distribución ante fallas masivas generadas por desastres naturales que afectan la topología y operación de una red. Además, dado que las smart grids son sistemas cyber físicos que presentan una red de comunicaciones y control acoplada a la red eléctrica, la investigación se enfocó en utilizar la tecnología de redes definidas por software (SDNs por sus siglas en inglés) como el habilitador tecnológico que permite monitorear e incrementar la confiabilidad de las smart grids.

### *Resultados de la pasantía*

La primera contribución de la pasantía es la formación de un grupo de trabajo en la temática en la Universidad de Concepción. Además, en la línea de investigación sobre el impacto de las fallas generadas por desastres naturales en smart grids se ha formalizado en la propuesta de tema de memoria de título en relación con el análisis y protección de smart grids frente a fallas generadas por desastres naturales. También se está formalizando una red de colaboración a nivel de universidades en base a la firma de un convenio entre las Universidades, la realización de un Workshop, tesis en conjunto e intercambio de académicos y estudiantes.

### *Tutor y principales actores involucrados*

Mahshid Naeini es assistant professor del Department of Computer Science de Whitacre College of Engineering. Es Director del Distributed Systems & Networking Lab y miembro del Global Laboratory for Energy Asset Management and Manufacturing (GLEAMM).

Akbar SiamiNamin es associate professor del Department of Computer Science de Whitacre College of Engineering. Es Director del Advanced Empirical Software Testing & Analysis Lab y miembro del Center for the Science & Engineering of Cyber Security (CSECS).

Rattikorn Hewett es profesor del Department of Computer Science de Whitacre College of Engineering, Chair del Department of Computer Science y miembro del CSECS and the GLEMM.

## Tecnologías para aprovechamiento energético de la biomasa, calefacción distrital y producción de biogás. La experiencia de Finlandia

Realizada por Christian Malebrán Ulloa del Centro Nacional Para la Innovación y Fomento de las Energías Sustentables (CIFES) en el Technical Research Centre of Finland (VTT) en Finlandia, entre mayo y junio del 2016.

### ***Propósito de la pasantía***

El propósito de la pasantía fue conocer de primera fuente la experiencia finlandesa en materia de desarrollo e investigación de tecnologías para bioenergía y waste to energy (aprovechamiento energético de residuos), entendiendo el marco político y económico que mueve a las instituciones hacia este tipo de desarrollos. De esta manera, se establecieron diversos contactos en áreas en las cuales Chile puede aprender de la experiencia de Finlandia desde el punto de vista no solo del desarrollo de tecnologías apropiadas, sino también de modelos de negocio, mecanismos de apoyo a la industria y marco institucional.

### ***Resultados de la pasantía***

Las actividades realizadas permitieron conocer de primera fuente tanto los desarrollos tecnológicos en materia de bioenergía de Finlandia, como algunas de las instituciones relevantes existentes en materia de investigación y desarrollo (VTT, LUKE, Universidad de Ciencias Aplicadas) y varias empresas privadas que están haciendo inversiones fuera de Europa y que desean explorar el mercado chileno o ya se encuentran haciendo gestiones al respecto (EERA, KPA Unicon, BioGTS).

### ***Tutor y principales actores involucrados***

Jouni Hämäläinen es líder del equipo investigador de procesos de combustión, bioenergía y biocombustibles del VTT Technical Research Centre of Finland. Su especialización es en bioenergía y combustión de lecho fluidizado.

Veli-Pekka Heiskanen es científico principal (Principal Scientist) del VTT Technical Research Centre of Finland.

## **Mecanismos de incentivos a la flexibilidad del sistema para permitir alta penetración de energías renovables no convencionales**

Realizada por Ricardo Gálvez Cubillos del Centro de Despacho Económico de Carga del Norte Grande CDEC-SING en el GridLab en Alemania, entre agosto y octubre del 2016.

### ***Propósito de la pasantía***

El principal objetivo de la pasantía es aprender acerca de la experiencia alemana en el manejo de generación renovable y cómo se puede incentivar la flexibilidad del sistema eléctrico para permitir una mayor integración de ERNC. Esto es muy relevante debido a que la flexibilidad del sistema eléctrico es una característica imprescindible para la integración masiva de generación ERNC, ya que permite absorber la variabilidad e incertidumbre de este tipo de tecnologías intermitentes.

Cabe señalar que, de acuerdo a la Ley 20.698 Chile tiene como meta producir el 20% de su energía al 2025 a partir de fuentes ERNC. Para el Sistema Interconectado del Norte Grande (SING) esta meta representa un desafío importante pues su matriz energética está compuesta principalmente por generadores a vapor-carbón, unidades poco flexibles para enfrentar demanda o generación variable debido a su bajo rango de regulación, bajas rampas de generación y tiempos de encendido/apagado de larga duración.

Estudios realizados por el CDEC-SING han establecido que la flexibilidad que pueda brindar el sistema eléctrico es una característica trascendental a efectos de una integración confiable y eficiente de las ERNC en el sistema interconectado. Por tanto, considerando las características de los sistemas eléctricos nacionales y la meta de integración de ERNC impuesta por el Estado, es de vital importancia crear incentivos, ya sea técnicos y/o regulatorios, que viabilicen el cumplimiento de dicha meta de forma confiable y eficiente.

### ***Resultados de la pasantía***

Se pudo obtener información relevante de la forma en que están abordando en Alemania los desafíos para el sistema eléctrico relativos a la inserción de generación renovable. En particular, se estima que se generó mayor experiencia y conocimientos que permitirá realizar estudios, dando señales al mercado de la importancia, los impactos y las herramientas para tender a un sistema eléctrico que posea una mayor flexibilidad, que permita una mayor integración de generación ERNC y que sea capaz de adaptarse a distintas situaciones, tecnologías y formas de operación.

#### ***Tutor***

Matthias Müller-Mienack es responsable del Departamento de Estudios e Investigaciones de GridLab. A partir de 2013, asumió la función de Jefe Técnico de GridLab, “European Training and Research Centre for Power Systems Security”, impartiendo formación de despachadores a los TSO y DSO, pero también a los operadores de parques eólicos.

## **Energías marinas en Escocia como aprendizaje para el desarrollo en Chile**

Realizada por Carolina Cuevas Gutierrez de Fundación Chile en la empresa Aquatera en Escocia, entre febrero y marzo del 2016.

### ***Propósito de la pasantía***

Chile cataloga como uno de los mejores lugares del mundo para la generación de energía undimotriz. Considerando el potencial teórico bruto de este tipo de energía, es de aproximadamente 240 GW, además de sus más de 4000 km. de costa y la cercanía a los principales centros de demanda de energía. Es por ello necesario comprender el estado de avance de esta tecnología en los lugares de mayor desarrollo los modelos de implementación que han utilizado dichos países y detectar las oportunidades de replicabilidad o adaptabilidad en nuestro país.

### ***Resultados de la pasantía***

Durante la estadía en Stromnes se pudieron identificar innumerables oportunidades que deben ser atendidas para impulsar el desarrollo de esta tecnología en nuestro país a mediano plazo. Dentro de las principales:

Fortalecimiento de competencias en capital humano. Es requerido fortalecer e impulsar la formación de profesionales en esta área para que cuando la industria comience a avanzar en este camino, podamos contar con competencias locales que fomenten su desarrollo.

Modelos de financiamiento es debido a que Chile ha decidido impulsar las ERNC sin subsidio. Es un desafío proponer un modelo de financiamiento que permita el despegue de estas tecnologías en

nuestro país. Conocer la manera cómo opera en el Reino Unido ayuda a comprender las necesidades y adaptarlo a los requerimientos locales (aunque los modelos internacionales sean con subsidio).

Trabajo colaborativo. Siendo nuestro país un lugar incipiente para el desarrollo de estas tecnologías, es fundamental asegurar una red de colaboración permanente, entender el estado del arte de la temática, compartir información y mantener la comunicación con los principales actores a nivel mundial.

### ***Tutor y principales actores involucrados***

Gareth Davies es managing director de Aquatera. Tiene amplia experiencia en evaluación de impacto ambiental, estudio ambiental (BPEO, best practical environmental option), evaluación cuantitativa de riesgos, estudios ambientales, desarrollo de sistemas de gestión ambiental, estudios de gestión de residuos, consulta con los actores, organización de taller y formación para la energía renovable, petróleo y gas y otros sectores industriales.

Ian Johnstone es jefe del área Onshore Technology & Community. Tiene de experiencia en energía renovable y suministro de residuos de madera para calefacción distrital.

## **Plataformas de simulación en tiempo real: nuevas herramientas para el cumplimiento de protocolos frente a la integración de nuevas tecnologías en sistemas eléctricos de potencia**

Realizada por Boris Pávez Lazo de la Universidad de la Frontera en OPAL-RT del grupo ePOWERGRID en Canadá, entre julio y agosto del 2016.

### ***Propósito de la pasantía***

La futura interconexión SING-SIC creará un nuevo escenario del Sistema Eléctrico de Potencia Nacional (SEN), en el cual se deberá asegurar que su futuro funcionamiento y operación no presenten problemas de calidad y seguridad en el suministro de energía a las instalaciones conectadas a dicho sistema. Sin duda, la interconexión de dos sistemas aislados y el efecto de la integración de las renovables en un sistema único, traerá grandes desafíos para los operadores y planificadores del Coordinador Eléctrico Nacional. En este sentido, las metodologías y herramientas disponibles para estudios estáticos y dinámicos serán fundamentales para la investigación en grandes sistemas de potencia con potencial de generación con energías renovables. Es así que el propósito de la pasantía es adquirir conocimiento avanzado para abordar los problemas anteriormente descritos, no solo a través de herramientas de simulación digital sino, además, con plataformas para la Simulación en Tiempo Real (RTS).

### ***Resultados de la pasantía***

Los principales resultados fueron la adquisición de nuevo conocimiento en plataformas (software y hardware) utilizadas para estudios dinámicos de redes eléctricas, la transferencia de conocimiento al equipo de ePhasorSIM del software Digsilent usado en Chile para estudios de

redes eléctricas y el inicio de un trabajo colaborativo con profesionales de primer nivel en investigaciones que buscan comparar el desempeño entre Digsilent, ePhasorSIM y posibles aplicaciones en estudios eléctricos de las redes chilenas. Este trabajo se concretará con un artículo en revista especializada donde se muestren las diferencias entre ambos programas de simulación, en cuenta a los resultados y tiempos de simulación.

#### ***Tutor***

Vahid Jalili-Marandi es Team Lead en OPAL-RT TECHNOLOGIES. Como investigador, ha publicado artículos relacionados con simulaciones en tiempo real de redes eléctricas en estabilidad de transientes.

### **Análisis técnico y económico de alternativas de almacenamiento de energía aplicados a las mineras y sistema eléctrico chileno**

Realizada por Alfredo Olivares Sepúlveda de Codelco en el Karlsruhe Institute of Technology en Alemania, entre abril y julio del 2016.

#### ***Propósito de la pasantía***

Hoy en día existe una gran variedad de tecnologías para el almacenamiento de energía con distintas propiedades y aplicaciones que luchan por ser competitivas. En Codelco, a menudo se recibe a proveedores tecnológicos ofreciendo soluciones interesantes, pero que generan dudas si serán las alternativas idóneas para las necesidades o si existen otras opciones que puedan ser más convenientes para los requerimientos. Por estos motivos, la pasantía plantea una revisión del real estado del arte de las distintas tecnologías, las cuales todavía están en desarrollo y presentan desafíos en cuanto a eficiencia y reducción de costos. Además se busca conocer los roadmaps asociados que están desarrollando los países de vanguardia en este tema e investigar sobre sus aplicaciones y casos de éxitos.

#### ***Resultados de la pasantía***

Permitió identificar el nivel de desarrollo y los desafíos que está presentando la industria. Fue muy interesante de observar que existen distintas tecnologías que luchan por lograr cada día componentes más eficientes, durables y económicas, pero un rol central en estos sistemas es la inteligencia (BMS= Battery Management System), el cual coordina, protege y optimiza tanto los rendimientos como la durabilidad de los componentes. En este último punto, ha habido mucho aprendizaje en la industria y ha permitido lograr una nueva generación de equipos.

Finalmente comentar que países como Alemania, Japón y Corea han hecho apuestas decididas por estas tecnologías. Se puede observar fomento que va desde regulación, inversión en I+D, hasta subsidios, lo que ha permitido ya poder hablar de una industria creciente que ha logrado aumentos de eficiencias y ahorros en precios drásticos en los últimos años. Hoy en día en la industria existe mucho optimismo respecto a la penetración de estas tecnologías en el mundo.

### ***Tutor y principales actores involucrados***

Olaf Wollersheim es director del Proyecto Competencia E de Karlsruhe Institute of Technology, el cual integra tecnologías en el área de las baterías de iones de litio para aplicaciones estacionarias y móviles.

Nina Munzke es gerente del grupo Sistemas de Energía Estacionarias en Karlsruhe Institute of Technology.

### **Análisis de criterios territoriales, sociales y ambientales óptimos para la ejecución de parques solares en Chile, en función de la experiencia empírica y de investigación de España**

Realizada por Jorge Salazar Bacovich de la Consultora Ambiental Sustentable en la Universidad de Sevilla en España, entre diciembre del 2016 y marzo del 2017.

#### ***Propósito de la pasantía***

El propósito es establecer, por medio de la técnica de evaluación multi-criterio, los principales aspectos territoriales y ambientales para la implantación de proyectos solares en Chile de manera sostenible y eficiente a partir de fuentes bibliográficas disponibles y la experiencia e investigaciones realizadas en España.

#### ***Resultados de la pasantía***

La investigación de experiencias previas de implantación de proyectos solares, basados en las revisiones bibliográficas y la experiencia de la institución, permitió identificar los criterios a tener en consideración para la construcción de los modelos de evaluación multi-criterio para Chile. Además la metodología establecida identifica los criterios de protección para evitar la afectación a recursos patrimoniales, protección a la población y la eficiencia energética y territorial, lo que da como resultado zonas de incompatibilidad para el desarrollo de proyectos solares. Posteriormente se establecen los espacios del territorio chileno donde la implantación de proyectos solares resulte más idónea.

Con esto, es posible determinar que los resultados constituyen una herramienta importante para el desarrollo de futuras investigaciones asociadas a la determinación de zonas óptimas para la implantación de proyectos solares, independiente del tipo de tecnología, toda vez que se han considerado aspectos generales y comunes, además de establecer los criterios necesarios para asegurar la protección a los recursos patrimoniales, la población y además de incorporar aspectos técnico-económicos en concordancia con la legislación vigente.

#### ***Tutora***

María del Pilar Díaz es investigadora del Departamento de geografía Física y Análisis Geográfico Regional de la Universidad de Sevilla. Sus áreas de investigación son la evaluación y caracterización de zonas incompatibles con la implantación eólica, el territorio y paisaje en la gestión de energía

renovable, los impactos y políticas para el desarrollo del turismo sustentable y el uso de recursos naturales.

## **Los fundamentos físicos del acondicionamiento térmico y el aprendizaje a distancia**

Realizada por Maria Luise Blender de la Corporación de Desarrollo Tecnológico CDT en la Universidad Bauhaus en Alemania, entre mayo y septiembre del 2017.

### ***Propósito de la pasantía***

El propósito de la pasantía fue adquirir y profundizar conocimientos en el ámbito de la construcción con eficiencia energética, específicamente a nivel de la física de la construcción y la enseñanza de estos conocimientos con enfoque en la enseñanza a distancia.

### ***Resultados de la pasantía***

Se logra profundizar en conocimiento teórico y práctico en física de la construcción, especialmente en temas de humedad y de calor y en enseñanza a distancia. Además se obtienen cualificaciones para enseñar temas de física de la construcción, especialmente utilizando varias aplicaciones de aprendizaje electrónico y métodos específicos de enseñanza de e-learning.

### ***Tutor***

Conrad Völker es profesor titular de la cátedra Física de la Construcción y director científico del Master eLBau. Antes de llegar a Weimar, Conrad Völker era profesor asociado para el Modelamiento en la Física de la Construcción en la Universidad Técnica Kaiserslautern, Alemania.

## **Development of a framework to analyze storage services in the Chilean grid**

Realizada por Martín Elton Deves de la empresa Tikuna Energía en la Universidad de California Berkeley en Estados Unidos, entre enero y febrero del 2017.

### ***Propósito de la pasantía***

Actualmente en Chile las tecnologías de almacenamiento no son consideradas generación ni transmisión, por lo que se sitúan en un vacío regulatorio. Sólo existen algunas instalaciones en el norte del país que funcionan como apoyo para reserva en giro en termoeléctricas. También existen algunas micro redes que hoy operan baterías y hay un gran proyecto de bombeo hidráulico en fase de desarrollo.

En ese contexto, el propósito de la pasantía es estudiar las políticas públicas específicas al sector almacenamiento de energía en el sector distribución. Se decidió abordar esta temática específica considerando la actual discusión que existe respecto a la ley de distribución en Chile y lo avanzado de la temática en California.

## ***Resultados de la pasantía***

El primer resultado, y posiblemente el más relevante corresponde a las entrevistas realizadas a importantes actores del sector almacenamiento de California y Hawaii. En segundo lugar se realizaron algunos modelos que permitieron entender, con las condiciones actuales de precio de energía y regulación, cuáles serían las áreas más interesantes de aplicación de las tecnologías de almacenamiento de energía en el país desde el punto de vista económico. La principal conclusión del desarrollo de los modelos simplificados realizados es que a nivel residencial, considerando los precios actuales de las baterías, como también las tarifas actuales, aún no sería interesante para una residencia conectada a la red considerar la instalación de una batería. Sólo podrían existir algunos casos extremos en los cuales sería factible. Algo diferente ocurriría en aquellos clientes con tarifas en las cuales se debe pagar por potencia presente en punta. En dichos casos se hace interesante puesto que puede reducir los cobros por potencia.

### ***Tutor***

Dr. Kammen es profesor distinguido de energía en la Universidad de California, Berkeley, en la escuela de políticas públicas de Goldman Sachs y el Departamento de Energía Nuclear. Fue nombrado Fellow de la primera alianza por el Medio Ambiente y el Clima por la Secretaria de Estado Hillary Clinton. Es fundador del Renewable and Appropriate Energy Laboratory (RAEL), Co-Director del Instituto del Medio Ambiente y director del Centro de Investigación de Transporte Sustentable. Ha creado o se encuentra en el Directorio de más de 10 compañías y ha trabajado en el Estado de California y el gobierno Federal de los Estados Unidos en posiciones expertas y de consejero.

## **Pasantía en tecnológica, modelos de negocio, sistemas de venta y distribución en la producción de energía a partir de biomasa en miras del desarrollo local rural**

Realizada por Harald Fernández Puratich del Ministerio de Energía en el Centro Tecnológico Forestal de Cataluña en España, en febrero del 2017.

### ***Propósito de la pasantía***

El principal propósito es capturar información, aumentando los conocimientos en sistemas autónomos de energía que promuevan el desarrollo local e incorporación de nuevas tecnologías y modelos de negocio que incluyan mecanismos de venta de energía y su distribución a partir de biomasa, en sobre nuevas tecnologías para sistemas de generación y cogeneración de energía a partir de biomasa. Además se busca conocer modelos de negocio que incorporen mecanismos de venta de energía y distribución, en sistemas de baja escala para el desarrollo local y establecer vínculos en miras de futuras colaboraciones.

## ***Resultados de la pasantía***

El uso de biomasa leñosa para energía en España se ha desarrollado y extendido de manera rápida en los últimos diez años hacia la diversificación de productos y la alta tecnología. La primera en

formatos de leña, pellets y astillas todas cumpliendo estándares europeos a través de sellos de certificación, por lo que se trata de productos de calidad asegurada. La segunda, apunta a un mejoramiento de tecnología de los artefactos de combustión y apuntan a redes de calor más que artefactos unifamiliares, ya que es más fácil controlar una gran fuente de emisiones que una gran cantidad de fuentes de emisiones a baja escala y por economía de escala resulta menos costoso la inversión y operación que artefactos unifamiliares en el mediano plazo. También en España se han desarrollado sistemas de cogeneración de baja escala (< 2 MW eléctricos) ya que sistemas de baja envergadura fomentan el desarrollo de comunidades rurales según lo señalado por las autoridades energéticas de Cataluña. Se debe tener en cuenta que la biomasa hasta hace cuatro años era subvencionada al igual que las otras energías renovables, lo que no sucede en Chile.

El modelo de avance del sector de la biomasa leñosa para energía en España es factible de ser adaptado en Chile. Para esto, se necesita una hoja de ruta en común que señale los lineamientos y acciones a realizar para el corto, mediano y largo plazo, dicha hoja de ruta existe y es la Agenda de Energía 2050 confeccionada por el Ministerio de Energía. Sin embargo, para realizar una estrategia que apunte al desarrollo real del sector es vital que las instituciones chilenas estén de acuerdo y sigan esta hoja de ruta, lo que en la práctica se ha visto dificultado con acciones contrarias realizadas principalmente por el Ministerio de Medio Ambiente en relación al fomento del uso de leña como combustible.

## Control de convertidores de potencia aplicados en la integración de sistemas de generación a la red eléctrica

Realizada por Marco Rivera Abarca de la Universidad de Talca en The University of Nottingham, Inglaterra, entre diciembre 2016 y marzo del 2017.

### *Propósito de la pasantía*

El uso de micro-redes para la integración de estas energías limpias a las instalaciones existentes ha sido una de las formas para masificar el uso de las energías renovables no convencionales, tanto en áreas aisladas como también para integrarse a la red eléctrica. Ante este escenario los convertidores de potencia juegan un rol crítico, porque permiten la integración a la red eléctrica de diferentes tipos sistemas de generación y distribución. Por lo tanto, es necesario que éstos puedan trabajar de manera controlada, asegurando una operación eficiente con el fin de aprovechar al máximo la energía. Por ello la pasantía ahondará en temas como el diseño y control de convertidores de potencia para así añadir valor utilizando hardware diseñado y construido en Chile.

### *Resultados de la pasantía*

Se logró fortalecer la cooperación internacional entre la Universidad de Talca, The Universidad de Nottingham, y Universidades chinas. Además se generó nuevo conocimiento y habilidades en micro redes, redes inteligentes, ciudades inteligentes, gestión de energía y diseño y control de estructuras de convertidor de potencia. Además se publicaron documentos, diarios, revistas y conferencias internacionales.

### ***Tutor y principales actores involucrados***

Patrick Wheeler es jefe del Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Universidad de Nottingham. Cuenta con 400 publicaciones académicas en importantes conferencias y revistas internacionales.

### **Knowledge of Micro-Hydro technology to distributed generation and potential implementation in Chile**

Realizada Daniel Menares Schaub del Ministerio de Energía en la Universidad Técnica de Munich en Alemania, entre marzo y junio del 2017.

#### ***Propósito de la pasantía***

Actualmente en Chile, a pesar del enorme potencial, esta tecnología no está desarrollada y no ha sido implementada más que en pilotos. En el país contamos con una gran cantidad de ríos y afluentes artificiales, como los canales de regadíos agrícolas, los cuales se podrían aprovechar para generar energía eléctrica, razón por la cual el propósito principal de la pasantía es conocer el estado actual de la tecnología ERNC micro-hidro.

#### ***Resultados de la pasantía***

Los principales resultados fueron la adquisición de conocimientos de las diferentes tecnologías para implementar micro-hidro y dimensionamiento según características de cada sitio. En el sistema hídrico de Bavaria se realizó un cálculo de pérdidas en tuberías de presión, lo que permitió generar conocimiento en cálculo empírico de caudal de agua.

#### ***Tutor***

Peter Rutshmann es director del laboratorio Oskar von Miller del Instituto de Investigación de Ingeniería Hidráulica en Obemach, Alemania. Su área de investigación es el poder del agua, la prevención de inundaciones, los problemas de morfología de flujo e hidráulica ambiental.

### **Eficiencia y educación energética**

Realizada por Andrés Morales Vargas del Núcleo de Biotecnología Curauma en la Universidad de Florida Gainesville en Estados Unidos, entre enero y abril del 2017.

#### ***Propósito de la pasantía***

El principal propósito es obtener conocimientos en temas relacionados a eficiencia energética, y reforzar las capacidades como auditor en eficiencia energética.

#### ***Resultados de la pasantía***

Por medio de participar en jornadas de capacitación para el equipo de trabajo del centro, ha sido posible identificar una serie de oportunidades de mejora en eficiencia energética que no son muy utilizadas en nuestro país, lo cual ha permitido ampliar la mirada a la hora de realizar

recomendaciones de mejora en los diagnósticos energéticos. En estas jornadas de capacitación, se aprende el correcto uso de equipos de medición como cámaras infrarrojas, luxómetros, detectores de fugas de aire comprimido, psicrómetros, medidores de temperatura láser y medidores de distancia laser.

### ***Tutor y principales actores involucrados***

S.A. Sherif es profesor titular de ingeniería mecánica y aeroespacial, director fundador del Laboratorio K. Wayne y Lyla L. Masur HVAC, del Industrial Assessment Cente, co-director del Southeastern Center for Industrial Energy y Director de Intensity Reduction en la Universidad de Florida.

Cristian Cárdenas-Lailhacar es investigador asociado y director asistente del Industrial Assessment Center y profesor adjunto en el Departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad de Florida. Su área de especialización es la gestión de la energía, eficiencia energética, política energética, optimización energética, las energías renovables y su aplicación, reactividad química, procesos industriales, entre otros. Además durante el período 2012-2013 fue el Director del Centro Internacional de la Universidad de la Florida en Chile.

## **Conocimiento de las mejores prácticas en evaluación de proyectos de biogás para el apoyo a la preparación de proyectos en NAMA energías renovables para el autoconsumo**

Realizada por Daniel Almarza Farías de GIZ en el Deutsches Biomasseforschungszentrum (DBFZ) en Alemania, entre mayo y junio del 2017.

### ***Propósito de la pasantía***

El propósito de la pasantía es generar conocimientos sobre la etapa de desarrollo de proyectos de biogás y su análisis de factibilidad. El desarrollo de proyectos involucra conocer la tecnología, los recursos energéticos factibles de aprovechar (sustrato), su disponibilidad, entorno (marco regulatorio) y los aspectos críticos que hacen un proyecto viable. Esto se realiza mediante análisis de factibilidad (técnico, económico y ecológico).

### ***Resultados de la pasantía***

El conocimiento aprendido sobre la cadena de valor de biogás, estudios de pre-factibilidad y marco regulatorio, permitirá utilizar las mejores prácticas internacionales y las experiencias de un país con una larga trayectoria en biogás. Además se estableció colaboración con instituciones de investigación, consultoras y gremiales. La pasantía permitió generar contactos y la identificación de futuras líneas de colaboración con DBFZ, con la asociación de biogás de Alemania y consultores internacionales.

Un aspecto no esperado de la pasantía fue conocer las nuevas tendencias y las últimas innovaciones para aplicaciones del biogás. Estas son "Smart Biogás", concepto que buscan dar al biogás una participación importante en el mix energético de Alemania a través de aumentar la

flexibilidad de la plantas para que puedan almacenarlo y producir durante momentos en que falte generación.

### ***Tutor y principales actores involucrados***

Stefan Majer es especialista en sostenibilidad y biomasa potencial, con experiencia en proyectos de evaluación de sostenibilidad de opciones de uso energético de la biomasa, en desarrollo de métodos y estandarización en el campo de evaluación de sostenibilidad y en desarrollo de métodos para la determinación de los potenciales de diferentes materias primas biogénicas para la producción de bioenergía.

Janet Witt es especialista en mercados de bioenergía, con experiencia en proyectos de mercado y desarrollo de tecnologías para la provisión de la bioenergía, en seguimiento de mercados nacional e internacional de la bioenergía, en crear conceptos optimizados para el suministro de biomasa para la mejora de plantas de energía alternativa, en evaluación de rutas de distribución y conversión de tecnologías para el aprovechamiento de la biomasa convencional y torrefactada y en el desarrollo de soluciones a los problemas de la normalización y la certificación de combustible y de gestión de calidad para asegurar estándares de combustible.

## **Identificación de oportunidades para la masificación de proyectos de energías renovables de pequeña y mediana escala a través del conocimiento de la experiencia de España**

Realizada por Marcelo Serrano Rossi del Ministerio de Energía en el Centro de Investigaciones energéticas, Medioambientales y Tecnológicas CIEMAT en España, entre enero y marzo del 2017.

### ***Propósito de la pasantía***

Identificar oportunidades para potenciar las energías renovables y ahorro energético en Chile, en los ámbitos de nuevas tecnologías, metodologías de evaluación de proyectos y tecnologías de información, con foco en pequeña y mediana escala y proyectos en zonas rurales y/o aisladas. Una vez identificadas las oportunidades, preparar una propuesta de cooperación CIEMAT-Ministerio de Energía, que contribuya a alcanzar las metas y los objetivos planteados en el ámbito de las energías renovables en la política energética 2050. Adicionalmente, contribuir al CIEMAT exportando las buenas prácticas que hemos implementado en el Ministerio de Energía de Chile.

### ***Resultados de la pasantía***

Luego del trabajo y conocimiento de las distintas áreas de investigación en energías renovables del CIEMAT, se puede concluir que existen muchas oportunidades y líneas de trabajo e investigación que se podrían replicar y aplicar en Chile, para potenciar las energías renovables y ahorro energético y contribuir al cumplimiento de la Política Energética 2050.

Se generaron vínculos con las áreas a las que se les vio más potencial de aplicación en Chile en el corto plazo. Para ello, se está trabajando en la formalización de un vínculo de cooperación y trabajo formal entre el Ministerio de Energía y el CIEMAT, ya que llevan años trabajando en

cooperación con Latinoamérica y presentaron mucho interés en poder contribuir desde su experiencia a Chile, por lo que este nuevo vínculo sería de mucho beneficio para ambos. Además se pudo conocer en detalle la realidad española y europea, lo cual permite enfrentar los desafíos futuros en el ámbito donde me desempeño con nuevas perspectivas.

Se destaca en particular la experiencia de conocer como enfrentan desafíos similares en otros lugares del mundo, en particular en España, lo cual fue tremadamente enriquecedor, tanto profesional como humanamente. Experiencias de este tipo permiten mejorar el conocimiento técnico pero sobre todo entregan un gran desarrollo personal, generando vínculos laborales y personales con personas de otros lugares que además tienen los conocimientos y contactos en las áreas en que uno se desempeña.

#### ***Tutor***

Javier Domínguez Bravo es investigador del grupo de Tecnologías de la Información Geográfica y Energías Renovables (gTIGER) del CIEMAT, que tiene como objetivo promover la aplicación de las TIG en la integración de las energías renovables, como una herramienta para su despegue y desarrollo, y desde unos parámetros que combinan la integración multidisciplinar, un enfoque innovador y una clara vocación de transferencia y difusión del conocimiento.

### ***The value of storage systems in power system with demand respond system and high penetration of solar and wind energy***

Realizada por Sergio Díaz Pizarro del Centro Avanzando en Ingeniería Eléctrica y Electrónica (AC3E) en la University of Washington en Estados Unidos, entre enero y marzo del 2017.

#### ***Propósito de la pasantía***

El propósito de la pasantía fue profundizar el conocimiento en uso de baterías y manejo de recursos renovables estocásticos como el viento y el sol. El Laboratorio de Energías Renovables (REAL) es reconocido a nivel mundial en el estudio de la operación de sistemas eléctricos, desde el punto de vista operacional y económico.

#### ***Resultados de la pasantía***

Los tópicos a estudiar en la pasantía fueron la comparación de las distintas políticas asociada a los mercados de regulación de frecuencia en el contexto americano, tomando en cuenta la participación de variables de almacenamiento de respuesta rápida, planificación eléctrica multi-etapa tomando en cuenta la expansión de transmisión y almacenamiento energético, el modelamiento de las baterías de litio tomando en cuenta su dinámica de degradación y la optimización de la ubicación y dimensionamiento de elementos de almacenaje distribuido en redes de transmisión.

En base a los temas se presentó un trabajo en conferencia "2017 IEEE Texas Power and Energy Conference" llamada "Lessons from the US Frequency Regulation Policies in order to enhance the Chilean Ancillary Services Market". Además se realizó la ponencia "Novel Anti-Windup Scheme for Stator Flux Control in Surface Permanent Magnet Machines".

### **Tutor**

Daniel S. Kirschen es profesor de Ingeniería Eléctrica en la University of Washington y jefe del Grupo de Investigación de Energía Eléctrica y Sistemas de Energía en la Universidad de Manchester en el Reino Unido.

### **Sistemas de suministro de energía distrital para barrios sustentables. Incidencia de variables arquitectónicas en la eficiencia del sistema**

Realizada por Muriel Díaz Cisternas de la Universidad del Bío-Bío en el KTH Royal Institute of Technology en Suecia, entre febrero y agosto del 2017.

#### **Propósito de la pasantía**

El propósito está relacionado con el desarrollo de un área de investigación innovadora para Chile, que permitirá sentar las bases para que se desarrolle al alero de la Universidad del Bío-Bío, permeando en sus programas de pregrado y postgrado (Carrera de Arquitectura y Magíster en Hábitat Sustentable y Eficiencia Energética). Se espera que el conocimiento adquirido permita solucionar problemáticas asociadas al diseño de barrios sustentables en el centro-sur de Chile, en un período de tiempo de dos a tres años. Finalmente, esta pasantía permitirá recopilar información relevante para el posterior desarrollo de una tesis de Doctorado en la temática.

#### **Resultados de la pasantía**

Se publica un artículo científico *“Relevance of architectural design on the efficiency of district heating systems”* a PLEA 2017, desarrollado íntegramente durante la estadía en KTH. Este artículo resume los principales aspectos a considerar para la adaptación arquitectónica a sistemas de calefacción distrital y sienta las bases para el posterior desarrollo del proyecto. Se encuentra en desarrollo un segundo artículo, el que se espera terminar a fin de año para enviarlo a una revista científica.

Además se generaron lazos de colaboración con el Royal Institute of Technology (KTH) para proyectos de investigación, mientras que a largo plazo se espera generar una colaboración con el Master en Iluminación (Architectural Lighting Design) y el Magíster en Hábitat Sustentable y Eficiencia Energética.

### **Desarrollo energético de la Región de Valparaíso en la California Energy Commission**

Realizada por Herman Balde Sepúlveda del Ministerio de Energía en la California Energy Commission en Estado Unidos, entre enero y marzo del 2017.

#### **Propósito de la pasantía**

El propósito es realizar una revisión de las distintas tecnologías disponibles para almacenar energía, revisar de qué manera están presentes en el reglamento de certificación de inyecciones

de energías renovables al sistema eléctrico e identificar mecanismos de estímulo, más allá de la obligación normativa, que permitan alcanzar metas de almacenamiento.

También se busca visitar instalaciones de generación solar comunitaria, las que están orientadas a que familias de bajos recursos se reúnan a modo de cooperativas de generación eléctrica, obteniendo ingresos a través de la venta de energía a la red de distribución, dado que dicha figura se podría replicar en Chile.

### ***Resultados de la pasantía***

Permitió conocer una realidad energética no tan alejada de la chilena, pues los problemas que han tenido en el Estado de California resultaron ser bastante similares a los de Chile. Ejemplo de ello es que aún buscan soluciones para las inyecciones de electricidad desde las viviendas para almacenamiento de energía eléctrica, la que ha comenzado a cobrar relevancia a raíz del gran desarrollo de proyectos solares, cuya generación de electricidad usualmente no coincide en el mismo momento con la demanda eléctrica, lo que genera ineficiencias en el uso de los recursos. Sin embargo, lo más relevante de la pasantía fue la creación de vínculos entre Chile y la California Energy Commission, lo que debiese facilitar el trabajo conjunto entre éstos, incentivando el intercambio de profesionales entre ambas partes, permitiendo compartir y proponer mejoras y soluciones que optimicen el funcionamiento de los sistemas energéticos, tanto de Chile como de California.

### ***Tutor y principales actores involucrados***

Connor Smith es profesional especialista en energía de la División de Energías Renovables de la California Energy Commission. Se desempeña en diversos programas, entre ellos el Renewables Portfolio Standard, el New Solar Homes Partnership (que promueve la generación comunitaria) y el Power Source Disclosure & Power Content Label (busca informar a los consumidores las características de las fuentes de energía utilizadas para generar la electricidad consumida).

Courtney Prideaux Smith es directora adjunta de la California Energy Commission y directora adjunta de la División de Energías Renovables. Implementó el Renewables Portfolio Standard, el cual establece metas de cumplimiento para las energías renovables, así como programas de incentivo y garantías para las renovables.

## ***Diseño de un plan para la adaptación de redes de distribución para la incorporación de alta penetración de generación solar con gestión de la demanda***

Realizada por Pablo Tello Guerra del Centro de Innovación y Fomento a las Energías Sustentables (CIFES) en Chiyoda System Technology Corporation (CST) en Japón, entre enero y febrero del 2017.

### ***Propósito de la pasantía***

El objetivo final de las comunidades inteligentes es tener a los dueños de los terrenos y a los ciudadanos felices a través de la incorporación de generación de energía a partir de procesos

amigables con el medio ambiente como energía solar o de biomasa, contando también con un área amigable con el medio ambiente. Por ello el propósito de esta pasantía es aprender sobre el desarrollo de comunidades inteligentes en Japón y obtener información acerca de lo que se ha hecho relacionado con este tema con el fin de diseñar un plan para el desarrollo de comunidades inteligentes en Chile, considerando tanto una alta penetración de energía solar distribuida en las redes eléctricas para pueblos pequeños como Diego de Almagro y Chañaral, como también la construcción de viviendas, edificios, fábricas y el desarrollo de sistemas centrales de administración de energía.

### ***Resultados de la pasantía***

Se asiste a reuniones, seminarios y visitas a sitios y exposiciones, accediendo a más de 100 expertos y más de 30 organizaciones (públicas, privadas y académicas).

Las conversaciones preliminares con técnicos de la compañía THE PGS y también de Toshiba indican que algunas tecnologías como los controladores inteligentes de la red de distribución podrían encajar muy bien en el caso chileno, pero en cualquier caso, se necesitarán estudios de viabilidad y proyectos piloto para incorporarlos durante los próximos meses en el proyecto Corredor Solar Cuenca del Salado.

### ***Tutor***

Hiroshi Suzuki es CEO de Hoya Corp y desde el 2000 es su Presidente. Anteriormente fue CEO y presidente de Hoya Corporation USA.

## **Mecanismos de monitoreo de la competencia en la industria eléctrica**

Realizada por Juan Pablo Kindermann Bassano del Coordinador Eléctrico Nacional en el Imperial College London en el Reino Unido, entre marzo y mayo del 2017.

### ***Propósito de la pasantía***

Se busca conocer, aprender e interiorizarse en las funciones, tareas y acciones concretas que se deben realizar al ejecutar la función de monitoreo de la competencia del mercado eléctrico por el Ofgem y el National Grid Electricity Transmission en el Reino Unido, y de esta forma contribuir con la implementación en el Coordinador Eléctrico Nacional.

### ***Resultados de la pasantía***

Se logró estudiar la forma en que se ha desarrollado el monitoreo de la competencia en el Reino Unido, con lo que se lograría adoptar medidas a la realidad nacional. Además se estudiaron las diferencias existentes entre ambos sistemas eléctricos, pudiendo así aislarlas, de modo de estar preparados para el desarrollo en Chile.

### ***Tutor***

Goran Strbac tiene experiencia en modelamiento avanzado y análisis de la operación, planificación, seguridad y economía de sistemas de energía. Además tiene conocimientos en monitoreo de la competencia de los mercados energéticos.

## Capacitación sobre evaluación post-ocupación de viviendas para el proyecto Red Nacional de Monitoreo

Realizada por Paola Graciela Valencia del Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU) en el University College London (UCL) en el Reino Unido, entre marzo y mayo del 2017.

### ***Propósito de la pasantía***

La pasantía en UCL tuvo como propósito principal trabajar en forma colaborativa con el equipo de docentes del UCL Institute for Environmental Design & Engineering en la revisión del proyecto Red Nacional de Monitoreo de Viviendas (RENAM) del MINVU, con el objeto de perfeccionar la metodología de trabajo a través del apoyo técnico de su equipo experto en Post Occupancy Evaluation, es decir, en analizar el comportamiento del edificio durante su operación. Adicionalmente se espera que a partir de esta experiencia podamos sentar las bases para un futuro trabajo colaborativo.

Como propósito secundario de la pasantía se busca establecer contacto con diferentes instituciones públicas y privadas vinculadas a la construcción sustentable y eficiencia energética de edificios, para establecer una red de contactos y de colaboración en el tiempo.

### ***Resultados de la pasantía***

Como resultado de la pasantía se mejoró y consolidó la estrategia de trabajo de la RENAM, además se definieron metodologías de trabajo, como por ejemplo de contacto y selección de usuarios y protocolos de calibración e instalación de equipos.

Por otra parte se estableció una relación de trabajo con el equipo de docentes para futuros trabajos colaborativos, que ya están comenzando, como por ejemplo en los programas de monitoreo de islas de calor y en pobreza energética.

Por último se estableció contacto y relación con profesionales de diferentes instituciones públicas y privadas para trabajo conjunto, donde particularmente se estableció una relación más estrecha con el Building Research Establishment (BRE), con quienes vamos a trabajar en el nuevo Centro Tecnológico de la Construcción liderado por la Universidad de Chile.

### ***Tutor***

Héctor Altamirano Medina es profesor y director del Master en Diseño e Ingeniería Ambiental en UCL. En Chile trabajó como coordinador regional del Programa Quiero Mi Barrio del Ministerio de Vivienda y Urbanismo. Trabajó como investigador y es co-fundador del Laboratorio de Arquitectura Bioclimática de la Universidad Central de Chile.

## A forecasting model for wind power generation in stationary and non-stationary environments

Realizada por Erick López Ovando de la Universidad Técnica Federico Santa María en la Universidad Técnica de Dinamarca, entre febrero y agosto del 2017.

### *Propósito de la pasantía*

El propósito de esta pasantía es desarrollar un modelo para pronosticar la potencia eólica generada -basada en datos históricos- usando modelos de redes neuronales recurrentes (deep learning), con la capacidad de adaptarse automáticamente a medida que van llegando nuevos datos. Además, dado que los márgenes de error en los pronósticos de producción eólica de Chile aún pueden mejorarse, un objetivo adicional es alcanzar un mejor desempeño respecto a los pronósticos reportados.

### *Resultados de la pasantía*

Se obtuvo un modelo de pronóstico en base a redes neuronales recurrentes, que permite generar intervalos de pronóstico a varios pasos adelante. El modelo fue implementado con el software R-project. También se evaluó el modelo con un horizonte de pronóstico de 48 horas (cada una hora), usando datos históricos de la potencia eólica y los resultados de un modelo tipo Numerical Weather Prediction (NWP), que proporciona la velocidad y dirección del viento y la temperatura ambiente. También se logró alcanzar un mejor desempeño promedio respecto a los resultados usados como benchmark.

Adicionalmente se generó un acuerdo de colaboración para seguir trabajando en conjunto y continuar usando los recursos computacionales (cluster en DTU), con la meta de escribir un artículo en alguna revista indexada.

### *Tutor*

Henrik Madsen es profesor de la Universidad Técnica de Dinamarca. Su principal interés de investigación está relacionado con el análisis y modelamiento de sistemas de dinámica estocástica. Esto incluye procesamiento de señal, análisis de series de tiempo, identificación, estimación, modelización de caja gris, predicción, optimización y control. Las aplicaciones están relacionadas principalmente con los sistemas de energía, informática, sistemas ambientales, bioinformática, bioestadística, modelado de procesos y finanzas.

## Medios de comunicación al servicio formador de la cultura energética

Realizada por Renée Boche Olivares del Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GIZ en la Berliner Energieagentur BEA en Alemania, entre abril y septiembre del 2017.

### *Propósito de la pasantía*

El impulso de las energías limpias y la aplicación de la eficiencia energética, desde el aspecto cultural hasta el técnico, se enmarca, entre otros motivos, en la disminución de la huella de CO<sub>2</sub>, del consumo de combustibles fósiles y por el cambio climático. En este sentido, la línea de trabajo

elegida fue la eficiencia energética, en aras de contar con experiencia técnica y aplicada mientras se espera la discusión y la futura promulgación de una ley que permita la innovación, la aplicación de proyectos y el ingreso de nuevas tecnologías. Mientras esto ocurre es importante ir avanzando en los conceptos e ir detectando como es la aplicación de los mismos en países de larga data energética.

#### ***Propósito de la pasantía***

De acuerdo a los objetivos que se buscó cumplir en la pasantía, el desempeño fue en la División de Transferencia de Know How Internacional, la que como su nombre indica, se transfiere la experiencia en Eficiencia Energética en Alemania en países extranjeros. La división posee proyectos en México, Argentina, Rumania, Vietnam y en otros países de Europa, de acuerdo a los convenios que se tienen con la Unión Europea, UE. Tiempo atrás, también tuvo proyectos en Chile.

Los temas aprendidos se pueden sintetizar en: Gestión Energética, Agencias de Energía, Modelos de Contrato ESCO (Energy Performance Contracting-EPC- y Energy Supply Contracting -ESC-), Cogeneración y Trigeneración.

#### ***Tutor***

Achim Neuhauser es jefe del departamento para información y campañas en las áreas de eficiencia energética y energías renovables de la Agencia de Energía de Berlín. Fue responsable por la campaña de por la Iniciativa Berlín Ciudad Modelo CHP que representó a la importancia de la Cogeneración en la ciudad. También lidera la coordinación en el proyecto Berlín NetzwerkE (Redes E) en la formación sobre la protección del clima, la creación de redes y el intercambio con las partes interesadas en la protección del clima, la eficiencia energética y energías renovables.

### ***Mecanismos de subastas y licitaciones para proveer servicios complementarios en el corto, mediano y largo plazo***

Realizada por Sebastián Campos Flores del Coordinador Eléctrico Nacional en el California Independent System Operator (ISO) en Estado Unidos, entre enero y marzo del 2017.

#### ***Propósito de la pasantía***

Desarrollar las competencias necesarias para enfrentar adecuadamente el desafío impuesto por la reforma a la Ley Eléctrica en cuanto a los mecanismos de subastas para suministrar los servicios complementarios (SSCC) que requiere el sistema eléctrico, de forma de obtener las herramientas y experiencia internacional para que el Coordinador Eléctrico Nacional pueda implementar este régimen.

#### ***Resultados de la pasantía***

La pasantía permitió estudiar en detalle el funcionamiento del mercado eléctrico de California, al analizar documentación que ellos tenían desarrollada, así como vivenciar el desarrollo de un producto de servicios complementarios a través de toda su cadena incluyendo análisis interno del

mercado, definiciones técnicas, estrategia comunicacional con los agentes del sector eléctrico e interacción con el organismo regulador (FERC).

El experimentar la cadena de creación de un producto permitió estudiar adecuadamente cuales son las principales etapas que debe elaborar un ente coordinador previo a establecer un nuevo mecanismo de remuneración en el mercado eléctrico, proceso que se implementará en el Coordinador Eléctrico Nacional.

### ***Tutor y principales actores involucrados***

Greg Cook es director de Diseño de Mercado y Políticas Regulatorias en California ISO. Es el encargado de liderar la evolución de la política de diseño e infraestructura del mercado de California para garantizar la operación de mercados de energía y servicios auxiliares eficientes y efectivos.

Brad Cooper es gerente de Diseño de Mercado y Política Regulatoria en el ISO. Es encargado de refinar el mercado de energía ISO de California. Estos cambios se han centrado recientemente en ayudar a California a alcanzar sus ambiciosos objetivos de energía renovable y para expandir el mercado de energía en tiempo real de California ISO en el oeste, fuera de California.

Lorenzo Kristov es director principal de Diseño de Mercado y Política Regulatoria en el ISO. Su trabajo se ha centrado en las implicaciones estructurales, operativas, de mercado y normativas de la proliferación de diversos recursos energéticos conectados a la distribución en el sistema eléctrico.

## ***Impulso al desarrollo energético descentralizado e inclusivo***

Realizada por Carla Douglas González del Ministerio de Energía en la California Energy Commission en Estados Unidos, entre enero y marzo del 2017.

### ***Propósito de la pasantía***

Se busca generar capacidades que permitan contribuir a la descentralización energética, fomento de proyectos de autogeneración, incorporación de mecanismos de asociatividad en proyectos de inversión y el impulso a la generación comunitaria en diferentes localidades del país. Para ello se plantean los objetivos de investigar sobre incentivos a la autogeneración a través de generación distribuida y autoabastecimiento energético en diferentes localidades mediante ERNC a través del levantamiento de proyectos locales escogidos por la comunidad e incorporando nuevos estándares de asociatividad en el desarrollo de proyectos de energía, contribuyendo al desarrollo local de las comunidades afectadas.

### ***Resultados de la pasantía***

Como resultado final, se desarrolló una base de datos sobre los principales programas de Community Shared Solar en California y un informe sobre el estado de Community Shared Solar en los estados de Colorado y Minnesota, como insumo para el desarrollo de la legislación en el estado de California. Además se aprendió sobre generación comunitaria en tres estados de

Estados Unidos, lo cual permitió conocer los aspectos claves para fomentar este tipo de programas en Chile. Con ello se obtuvieron conocimientos sobre posibles cambios legislativos que permiten incentivar este tipo de programas, relación con las comunidades para que se interesen en participar de un proyecto comunitario que beneficie a múltiples familias, el rol que debe jugar el estado liderando estos proyectos, la importancia de destinar fondos para familias de escasos recursos, entre otros factores.

#### ***Tutor***

Eric Ritter es profesional especialista en energía de la División de Energías Renovables de la California Energy Commission.

### **Modelos de optimización y procedimientos aplicados a un mercado de energía y servicios complementarios**

Realizada por Juan Pablo Avalos Valdebenito del Coordinador Eléctrico Nacional en el California Independent System Operator ISO en Estado Unidos, entre abril y junio del 2017.

#### ***Propósito de la pasantía***

Los SSCC que actualmente están definidos son: control de frecuencia (primario, secundario, esquemas de desconexiones de generación, esquemas de desconexiones de carga), control de tensión y plan de recuperación de servicio. Al respecto, el foGo de la pasantía se centró sólo en los SSCC asociados a control de frecuencia, dado que dichos servicios se caracterizan por estar acoplados con el mercado de energía, es decir, una instalación de generación que provee el servicio de control de frecuencia influye en la cantidad de energía que puede vender en el mercado de energía y viceversa. Por otra parte, la mayor inserción en Chile de energías renovables que se espera para el año 2021, principalmente plantas de generación eólicas y solares, aumentará los requerimientos de los SSCC vigentes y surgirán necesidades de nuevos SSCC debido a la mayor variabilidad e incertidumbre en la producción de energía de dichas plantas. Dicha situación conduce a revisar el marco regulatorio de los SSCC a efectos de identificar si serán suficientes para asegurar una provisión eficiente de SSCC y con ello resguardar los estándares de seguridad requeridos para la operación del sistema eléctrico.

Producto de lo anterior, la Ley 20.936 del 2016, establece cambios importantes al marco regulatorio de los SSCC, donde los más relevantes son la posibilidad de crear nuevos SSCC de manera más flexible en el tiempo y la posibilidad de implementar mecanismos de subastas para la remuneración de los SSCC cuando los requerimientos sean de cortísimo plazo y siempre que existan condiciones de competencia.

#### ***Resultados de la pasantía***

Se define que los elementos centrales del diseño de un mercado de SSCC son: i) definición de los productos en base a las características de éste, ii) mecanismos de selección de ofertas, iii) determinación del precio de los productos adjudicados y iv) distribución de los costos de los productos entre los participantes del mercado.

Para mercados de energía y SSCC de control de frecuencias, los cuales se encuentran acoplados, es altamente recomendable que la casación de las ofertas se realice de manera simultánea a efectos de mitigar abuso de poder de mercado de los participantes del mercado que se encuentren en dicha condición.

Adicionalmente, la formulación matemática de la optimización entre Energía y SSCC provee un fuerte marco teórico-práctico que habilita un proceso de decisiones sistemáticas y transparentes para la operación del Mercado de Energía y SSCC de control de frecuencia.

La optimización como mecanismo de selección de ofertas mantiene relaciones coherentes entre los precios y cantidad de productos ( $P^* = f(Q^*)$ ) a efectos que las soluciones o instrucciones de despacho sean compatibles con sistemas de incentivos. Bajo este esquema, los participantes del mercado debieran tener incentivos a proveer sus costos reales en las Ofertas.

Considerar un esquema marginalista para la determinación del precio de SSCC es consistente con la provisión de incentivos y consistente con las necesidades de la operación del sistema eléctrico, dado que refleja cuanto le cuesta al sistema cumplir con los requerimientos técnicos de SSCC en cada intervalo de operación.

Se recomienda que las ofertas consistan en precios de \$/MW de SSCC, precio que debiera reflejar los costos de capacidad y tecnológicos para proveer un SSCC. Los costos de oportunidad del mercado de energía incurridos por algunos participantes del mercado que proveen SSCC son resultados de optimización y operación del sistema eléctrico, por lo tanto, deben ser determinados por el Operador del Sistema. La optimización determina los precios marginales de los SSCC, los cuales incluyen los costos de disponibilidad y los costos de oportunidad.

#### ***Tutor***

Guillermo Bautista Alderete es director de Market Analisys and Forecasting. Es miembro de la IEEE y del Institute for Operatins Research and the Management Sciences (INFORMS). Adicionalmente, es autor de numerosas publicaciones acerca de mercados eléctricos y es autor del libro "Competition in Electricity Markets: Modelling and Economics" y de un capitulo en el libro "Financial Tranmission Rights".

## **Eficiencia energética en el sector público**

Realizada por Alexandra Muñoz Suriba del Ministerio de Energía en el University College London (UCL) en Reino Unido, entre enero y febrero del 2017.

#### ***Propósito de la pasantía***

En el ciclo de vida de un edificio, la mayor parte del consumo de energía ocurre en la etapa de operación, por lo tanto, es importante optimizar el uso de la energía en esta etapa y así liberar recursos que puedan utilizarse para otros fines públicos, como salud u otros. A pesar de que los estudios internacionales son escasos, la literatura existente indica que variables como el tipo de

energía, el tipo de edificios y los metros cuadrados de la superficie son los más significativos para explicar el consumo y el gasto de energía. Es por ello que el propósito de la pasantía es estudiar el gasto y el consumo de energía en las escuelas en Inglaterra con el fin de averiguar cuáles son sus principales determinantes.

### ***Resultados de la pasantía***

En la pasantía se utiliza un modelo de regresión por mínimos cuadrados corregidos por conglomerado. Este modelo fue seleccionado porque la muestra corresponde a escuelas en Inglaterra, lo que podría correlacionarse dentro de la muestra. Esta nueva base de datos es una combinación de Edubase, CFR y DEC. Bajo este modelo, las variables significativas fueron la fase de educación (primaria o secundaria), clasificación en DEC, el m2, la intensidad de uso de energía para calefacción, el percentil de ingreso al que pertenece y la intensidad de uso de energía eléctrica. Esto incluye el consumo de energía y también los préstamos de SALIX para proyectos de eficiencia energética. Estas variables tienen diferentes niveles de significación entre ellas. Sólo la fase educativa, m2 y la intensidad del uso de energía para la calefacción se destacan del resto. Por otro lado, la variable que resultó estadísticamente no significativa fue el área, lo que indica si la escuela estaba en la región de Londres o no.

### ***Tutor y principales actores involucrados***

Sung-Min Hong es profesor de la University College London. Su investigación se centra en el análisis y benchmarking de la operación de edificaciones no residenciales.

Héctor Altamirano es profesor de la University College London. Su investigación se centra en el rendimiento energético intra-domiciliario y operacional de las edificaciones.

## **Eficiencia energética para la planificación y desarrollo inteligente y sustentable del territorio**

Realizada por Claudia Vicentelo Lupa de la Universidad de Tarapacá en la University of Chicago en Estados Unidos, entre abril y agosto del 2017.

### ***Propósito de la pasantía***

Chile ha tenido importantes avances en materia de energía, sin embargo los desafíos para Chile son aún enormes en innovación, ciencia y tecnología. Estos desafíos también requieren avances en cultura y educación. Es así que el propósito es identificar las brechas en educación en eficiencia energética es que el país debe disminuir para alcanzar los desafíos del país.

### ***Resultados de la pasantía***

Junto con realizar una revisión y análisis de literatura especializada y conocer las experiencias realizadas en Chicago, el Estado de Illinois y en Estados Unidos, se definió la necesidad de explorar y definir un caso concreto de aplicación de la transferencia de política a práctica. La propuesta contempló el desarrollo de modelamiento 3D del Campus Saucache, ubicado en la

Universidad de Tarapacá, el cual constituyó el caso que abordó la propuesta. A partir de este modelamiento se realizó el análisis de energía y eficiencia energética del campus.

### ***Tutor y principales actores involucrados***

Charlie Catlett es director del Urban Center for Computation and Data de la University of Chicago y del Argonne National Laboratory. Cuenta con experiencia en modelamiento 3D y visualización avanzada de datos.

Ralph Muehleisen es director de la división Building Energy and Technology del Argonne National Laboratory.

## **Definición y medición de la pobreza energética**

Realizada por Juan Antonio Campos Abad del Ministerio de Energía en la University College of London (UCL) en el Reino Unido, en enero del 2017.

### ***Propósito de la pasantía***

La Política Energética Nacional está sustentada sobre la base de 4 pilares. El segundo pilar, “Energía Como Motor de Desarrollo”, tiene como temática principal “dar acceso equitativo a servicios energéticos y calidad de vida”. En este sentido, la Política Energética desarrolló un proceso de seguimiento y revisión, en donde uno de los lineamientos son el de definir el concepto y medición de la pobreza energética, con el objeto de establecer políticas específicas para su reducción, que es el propósito principal de la pasantía.

### ***Resultados de la pasantía***

El estudio de la experiencia internacional, especialmente de la Unión Europea en materia de pobreza energética, enriquece profundamente el desafío al cual se ha comprometido el Ministerio de Energía de definir el concepto y crear instrumentos de medición que permita monitorearla periódicamente y focalizar las políticas públicas. Una de las principales lecciones reside en los múltiples enfoques que existen para abordar este problema. Sin embargo, esta multiplicidad de caminos no presupone un error al momento de monitorear el instrumento o materializarlo en políticas públicas. Esta variedad de instrumentos se condice con la realidad de cada país, en donde cada definición e instrumento debe ser capaz de representar los aspectos económicos, sociales y geográficos, tomando en consideración la limitante de la disponibilidad de datos estadísticos existentes.

Dicho lo anterior, al analizar los datos estadísticos de Chile y comparar con las estadísticas de los países miembros de la Unión Europea, se aprecia que en Chile existe una buena calidad y periodicidad de datos en cuanto a ingresos, caracterización del hogar, tipo de vivienda y representatividad geográfica, principalmente por la encuesta de hogares CASEN. No obstante, existe una carencia importante en la disponibilidad de datos de consumo energético, que permitan construir una canasta representativa para distintas zonas geográficas. Esta información no es posible proporcionarla con la Encuesta de Presupuesto Familiar ya que sólo es

representativa a nivel nacional y en la Región Metropolitana, limitando capturar las diferencias culturales y económicas de las distintas regiones.

#### *Tutor y principales actores involucrados*

Ian Hamilton es investigador del UCL Energy Institute. Sus principales áreas de interés son el nexo entre demanda de energía, tecnologías y eficiencia energética, ciudades sustentables y las condiciones de salud y medio ambientales urbanas y de hogares.

Steve Pye es investigador del UCL Energy Institute. Sus principales áreas de interés son el uso de modelos energo-económico para explorar vías de transición para alcanzar los objetivos de cambio climático y descarbonización.