

# Centro de investigación de energías Pupunahue



María Fernanda Rodríguez  
2021



# Centro de investigación de energías Pupunahue

Resignificación de la industria carbonífera chilena

**Estudiante**

María Fernanda Rodríguez

**Profesor guía**

Albert Tidy

Semestre otoño 2021

Memoria de Proyecto de Título

## **Resumen**

Actualmente se vive una crisis climática y ecológica, una de sus principales causales ha sido el uso del carbón como matriz energética. Por ello, la meta mundial es el camino de la descarbonización, frente a esta situación el país ha planteado la Política Energética 2050, con la finalidad de que la energía se descentralice, sea sustentable y aumente la investigación.

Sin embargo, la investigación e innovación en este ámbito se han visto en un estado precario por la falta de recursos monetarios.

Por lo que viendo una oportunidad, donde es posible unir los temas de investigación y energía, en esta memoria se hablará de la posibilidad de resignificar aquellos inmuebles que dejó la industria carbonífera, como es el caso del Monumento Nacional: Carbonífera de Pupunahue.

<b>C1</b> <b>Introducción</b>	<b>Tema</b>	<b>6</b>
	<b>Motivaciones</b>	<b>7</b>
	<b>Objetivos</b>	<b>8</b>
<b>C2</b> <b>Antecedentes</b>	<b>El carbón</b>	<b>9</b>
	2.1.1) Origen del carbón	
	2.1.2) Contexto histórico internacional	
	2.1.3) Contexto histórico nacional	
	2.1.4) Impacto en el medio ambiente	
	<b>Energía</b>	<b>15</b>
	2.2.1) Contexto nacional	
	2.2.2) Dentro del contexto internacional	
	2.2.3) Deuda ecológica	
	2.2.4) Plan energético 2050	
2.2.3.1) Pilares de la energía en Chile		
2.2.3.2) Descentralización de la energía		
2.2.3.3) La sustentabilidad de la energía		
2.2.3.4) La educación en la energía		
<b>Centros de investigación</b>	<b>26</b>	
2.3.1) Contexto internacional		
2.3.1.1) Organización estructural de los centros de investigación		
2.3.2) Contexto nacional		
2.3.2.2) Organización política de los centros de investigación		
2.3.2.3) Organización territorial de los centros de investigación		
2.3.2.3) Dentro del marco internacional		
2.3.3) Potencial de nodo científico: región de Los Ríos.		

<b>C3</b> <b>Caso de estudio</b>	<b>Carbonífera Pupunahue</b> 3.1) Antecedentes del inmueble 3.2) Contexto histórico 3.3) Protección del inmueble 3.4) Plantas, cortes y elevaciones del proyecto actual 3.5) Estado actual 3.6) Idea y justificación de proyecto	<b>36</b>
<b>C4</b> <b>Proyecto</b>	<b>Centro de investigación de energías Pupunahue</b> 4.1) Idea de proyecto 4.2) Propuesta programática 4.3) Ideas, conceptos, estrategias y referentes 4.4) Metraje de los programas 4.5) Propuesta de actores	<b>50</b>
<b>C5</b> <b>Bibliografía</b>	<b>Bibliografía</b> 5.1) Complementaria	<b>61</b>

Gran parte de la economía chilena se sustenta en la minería, a través de los años el material extraído a variado, iniciando en el salitre y actualmente extrayendo en su mayoría cobre. A mediados del siglo XIX e inicios del siglo XX la extracción del carbón tomó gran relevancia, ya que fue el principal combustible para los cambios del proceso de industrialización del país. Junto a los avances que trajo la modernización industrial al país surgen problemáticas relacionadas al cambio climático, ecología y sustentabilidad.

Actualmente ha disminuido el uso del carbón como combustible para el sustento energético, siendo reemplazado por energías renovables y sustentables. En el Acuerdo de París del año 2015 se planteó dejar de utilizar el carbón como sustento energético para el año 2050, con el fin de disminuir los gases invernaderos que provocan el aumento de la temperatura. Sin embargo, a nivel nacional, es una meta que se ve dificultada por la constante demanda energética del país, la centralización de las energías en la capital, la desigualdad del reparto energético por sector (público, transporte, residencial, etc) y la falta de educación en el cuidado de los recursos energéticos.

Chile posee un gran potencial geográfico para desarrollar investigaciones relacionadas con la sustentabilidad energética, que permitiría alcanzar la meta propuesta en este camino de la descarbonización. Para ello sería necesario que distintas entidades, tanto privadas como gubernamentales, trabajaran en conjunto promoviendo la investigación en distintas áreas, planteando soluciones energéticas sustentables en base a los diversos recursos naturales que ofrece el país.

No obstante existe una problemática en la gestión de los centros de investigación, ya que éstos dependen de los recursos económicos y el interés en la investigación que demuestran entidades externas. Lo que ha provocado falta de continuidad en los proyectos y desvalorización del trabajo realizado por los investigadores.

Para abarcar las problemáticas energéticas nacionales, el Ministerio de Energía planteó en su propuesta de “Política Energética 2050” promover la investigación, descentralización y sustentabilidad energética. Una de las estrategias para alcanzar esta meta es el reciclaje de las infraestructuras e inmuebles convirtiéndolas en centrales de energías renovables sustentables.

La era del carbón dejó inmuebles que hoy en día se encuentran en desuso, como lo es la ex planta purificadora de carbón de Pupunahue que se localiza en la región de Los Ríos frente al río San Pedro, un edificio que en su tiempo significó un cambio e innovación en temas energéticos, ya que sería la primera planta en su tipo en el país. Sin embargo, hoy en día se encuentra abandonado a pesar de contar con protección patrimonial. Considerando las problemáticas energéticas, en esta memoria se plantea las siguientes preguntas

- 1) ¿Cómo la arquitectura puede aportar soluciones a los problemas de esta índole?
- 2) ¿Cómo revalorizar un edificio patrimonial sin perder su esencia y darle la oportunidad de cambiar el paradigma de su historia pasada?

## Motivaciones

Las principales motivaciones para realizar esta memoria de título van ligadas al tema de cómo la arquitectura puede hacerse presente en las problemáticas energéticas, sin caer en la idea de construir más plantas energéticas.

Una de ellas es la oportunidad desde la carrera de resignificar y revalorizar inmuebles que hoy en día se ven en desuso, normalmente dentro de los años de estudios está la preponderancia de crear los espacios, crear inmuebles, a veces sin considerar su pre-existencia. Por otro lado, cuando estos inmuebles pre-existentes son valorizados por la sociedad, es común ver como se quedan pausados en el tiempo, sin darle una nueva oportunidad diferente para usarlos. Como mencionan Sahady y Gallardo (2002) “En el caso de los edificios está la posibilidad de petrificarlos, convirtiéndolos en museos. O la opción de darles la oportunidad de vivir de nuevo, poniéndolos en valor, integrándolos a las exigencias de la vida contemporánea.” Finalmente, es poder rescatar este edificio que cuenta con protección patrimonial, ya que puede entenderse que con esta protección legal detrás no le ocurrirá nada, pero muchas veces son espacios que se ven abandonados y olvidados de la memoria colectiva.

Por otro lado, es hacerse presente frente a los problemas de los cambios climáticos. Ya que el área de la construcción también es altamente contaminante, así que poder fomentar este nuevo camino de la descarbonización a través del reciclaje arquitectónico es una oportunidad que se va ligando con el tema anterior, dándole importancia a la sustentabilidad y mirar el patrimonio bajo esta perspectiva.

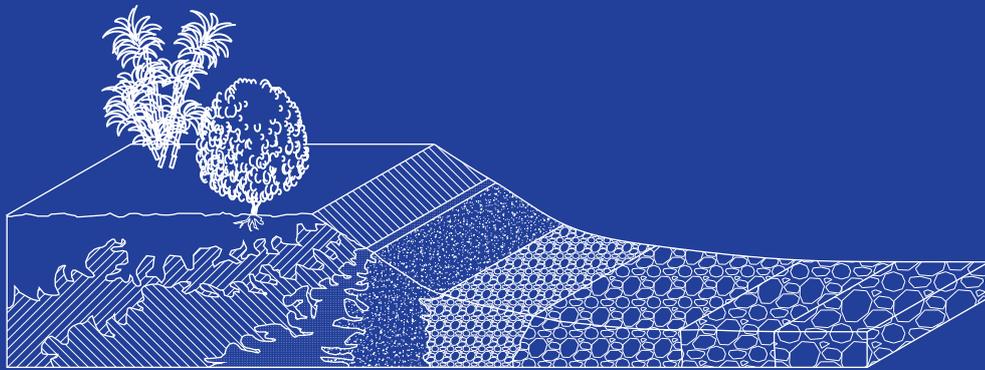
# Objetivos

**Revitalizar** el patrimonio arquitectónico industrial bajo un lineamiento sustentable y en aporte de las problemáticas presentes, incentivando el reciclaje y reutilización de los inmuebles.

**Resignificar** la historia del inmueble, que actualmente poseen un carácter negativo al ser una planta contaminante de carbón, a un carácter positivo en una oportunidad de aportar a la sociedad desde las exigencias de la vida actual.

**Rediseñar** un espacio coherente y apropiado para las necesidades de la región, aportando a la comunidad y también a nivel nacional.

# EL CARBÓN



**Figura 1** [Esquema] *Proceso del carbón*. Fuente: Elaboración propia a partir de Mina Invierno

El carbón es una roca sedimentaria de color negro, muy rica en carbono, utilizada como combustible fósil (Mina Invierno, s/f). Existen dos tipos de carbón, el carbón vegetal que se obtiene a través de la combustión lenta de la madera y el carbón mineral. Este suele localizarse bajo una capa de pizarra y sobre una capa de arena y arcilla.

La formación del carbón mineral necesitó de un largo proceso que se remonta a las eras prehistóricas. Los árboles que crecieron en un ambiente acuífero se pudrieron y sus restos se depositaron en el fondo del agua, donde las bacterias anaeróbicas comenzaron a eliminar todo el oxígeno que los restos tenían, para dejar sólo el carbono. Después de muchos años y bajo un proceso de presión y compactación, estos restos se transforman en antracita, el carbón mineral más puro que existe.



*Crecimiento explosivo de la población*

## Desaparición de bosques

### Contexto internacional

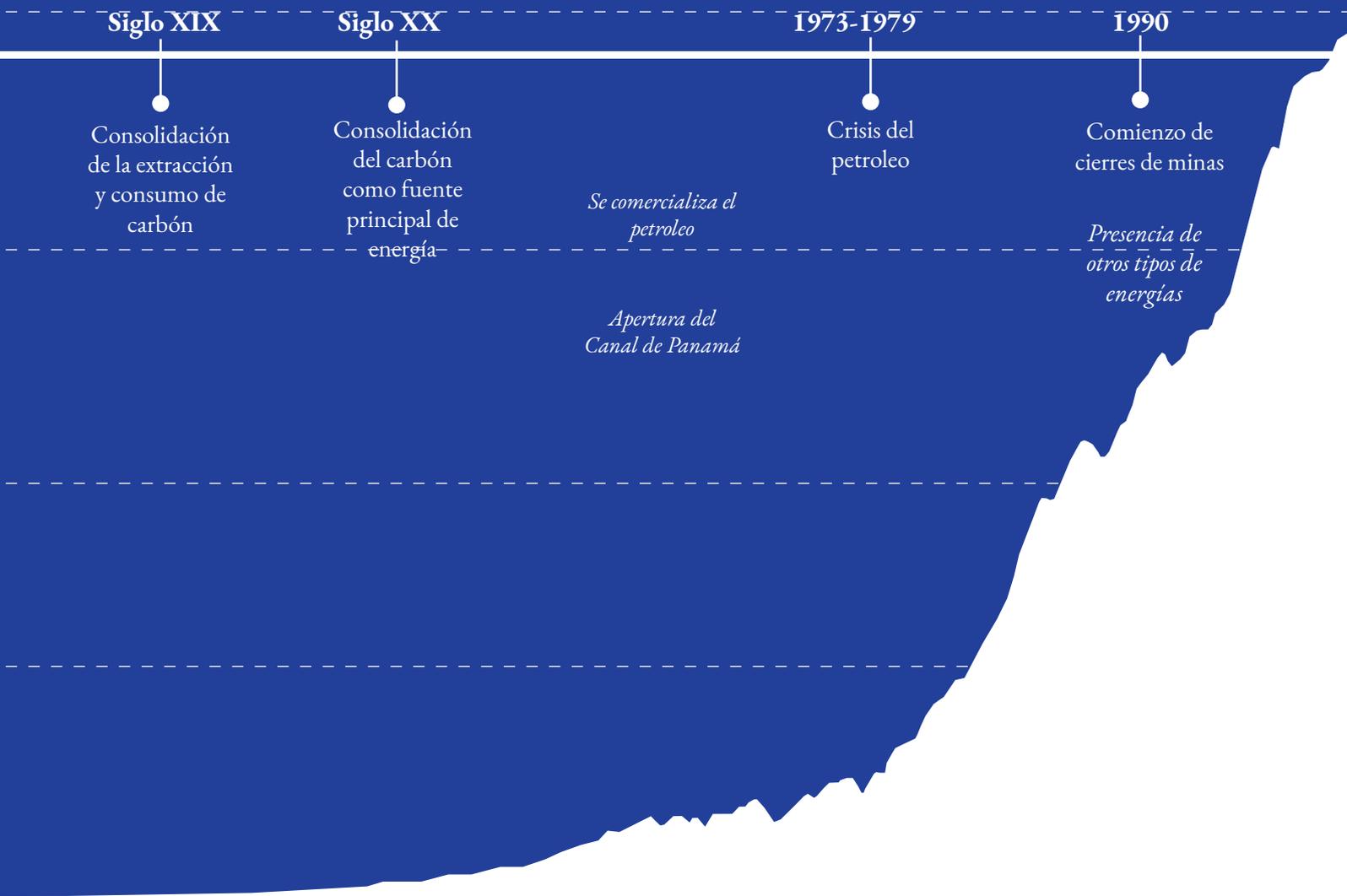
Los orígenes del carbón en los distintos hemisferios se datan en distintas eras. La primera era carbonífera se registra hace 350 millones de años atrás en el hemisferio norte del planeta. Por otro lado, en Sudamérica se registra en la era del neógeno, es decir hace unos 100 a 15 millones de años atrás, cuando se asentó la cuenca carbonífera (Mina Invierno, s/f). Desde el siglo I se registran los primeros usos del carbón en China, quienes utilizaron el carbón vegetal como combustible. Esto también se observa en Britania, actualmente conocido como Inglaterra.

En el siglo XI Inglaterra comienza a utilizar el carbón mineral, después de haberlo descubierto en un pique en el sector de Cardiff, este carbón se utilizaba como combustible para el fuego del hogar. No es hasta dos siglos

más tarde, que Inglaterra comenzó a exportar el carbón a otras ciudades. Esto provocó que la población rápidamente emigrara a esos poblados, aumentando la demanda del carbón, provocando la tala masiva de árboles ya que las minas de carbón mineral eran a tajo abierto.

Si bien el carbón hasta este punto de la historia tenía un uso menor y determinado, es en el siglo XVII cuando comienzan a experimentar con este mineral para ver todas sus posibilidades, un ejemplo de esto es William Murdock que hizo un proceso de destilación del carbón, obteniendo gas para iluminar su casa. (Energía y Minería, s/f).

Posteriormente en el siglo XVIII, se creó el tren a vapor por James Watt dando inicio la Revolución Industrial, que depende



principalmente del carbón.

La revolución industrial provocó que el carbón tuviese una mayor demanda, por lo que el proceso de extracción y consumo se consolidó dentro del mercado. Aunque no es hasta la primera guerra mundial que el carbón se consolidó como la principal energía a nivel mundial. Esto se debe a las armas, al aumento de las fábricas y también al acceso que se tenía a este mineral.

Aunque a mediados del siglo XX el carbón va perdiendo su importancia, ya que el petróleo comienza a repuntar en el mercado de la energía y combustible. Si bien, parte de la segunda mitad del Siglo XX ocurre la crisis del petróleo, esto no consigue que el carbón vuelva a tomar preponderancia, considerando que a

comienzos del siglo XXI se van diversificando los métodos de obtención de energía, optando por formas más sustentables y con menos impactos negativos en el medio ambiente.

Primeros hallazgos  
de carbón

Explotación de carbón  
mineral a gran escala

*Extracción a baja  
escala*

*Introducción del  
tren a vapor*

*Lota como zona  
carbonífera de  
importancia*

## Contexto nacional

En Chile los primeros hallazgos del carbón datan de 1584, cuando en un escrito el capitán Pedro Sarmiento de Gamboa menciona haber encontrado una piedra negra que, echada al fuego, arde, esto fue en la zona de Magallanes. (Martinic, 2015)

En la época colonial se remonta la explotación del carbón mineral en muy baja escala, pero a mediados del siglo XIX su uso y extracción toman mayor importancia con la introducción del ferrocarril a vapor (Aprende con energía, s.f). A lo largo del país se encuentran una

variedad de cuencas carboníferas, las principales se encuentran en Concepción, Arauco, Valdivia y Magallanes, pero la más explotada fue la de Lota en la región del Bío-Bío.

Chile en ese entonces se convirtió en un punto importante de abastecimiento, ya que la mayoría de las embarcaciones pasaban por el estrecho de Magallanes, en donde también se encontraba otra cuenca carbonífera de importancia. A comienzos del siglo XX la producción nacional alcanzó en promedio

### Lota



Figura 2 [Fotografía] *Minera de Lota*. Fuente: Memoria Chilena

Lota es una ciudad que se desarrolló a consecuencia del requerimiento de personas para la extracción de carbón. Fue una de las minas más importantes de la época

### Pupunahue



La planta purificadora de carbón de Pupunahue fue un proyecto pionero en su época, en donde se esperaba que trabajaran 8.000 mil personas. Este inmueble ayudó a consolidar el sector de Pupunahue.

**Proyecto de Planta  
Purificadora de  
Carbón en Pupunahue**

Cierre de gran  
parte de los  
piques de  
carbón

*La Zona de Magallanes  
comienza a tomar valor*

800.000 toneladas anuales, llegando en 1961 a los 2.100.000 toneladas. (Martinic, 2015)

Pero el auge del carbón acabó prontamente a mediados del siglo XX, con la apertura del canal de Panamá y con la incorporación del petróleo, cambiando la principal fuente de combustible nacional. Si bien hubo proyectos como la planta purificadora de carbón, que buscaba reinstaurar al carbón como fuente de combustible, pero este no pudo retomar su valor.

A finales del siglo XX cierran gran parte de las minas de carbón, sólo quedando en funcionamiento la Mina Invierno, en la región de Magallanes.

Esto se debe a que también comenzaron a utilizarse otros tipos de energía, como las energías renovables sustentables, ya que la minería del carbón y sus usos son altamente contaminantes, lo que dejó consecuencias a nivel ecológico.

## Magallanes



**Figura 3** [Fotografía] Carbonifera de Pupunahue. Fuente: CORFO



**Figura 4** [Fotografía] Mineras de Magallanes. Fuente: Mateo Martinic

En la región de Magallanes se vio surgir varias minas de carbón de importancia, con estas minas lograron sacar la mayor cantidad de mineral. Al tener mayor recursos, actualmente algunas siguen en funcionamiento.



**Figura 5** [Fotografía] *Sector Las Ventanas, Valparaíso.*  
Fuente: Observatorio Ciudadano

La industria del carbón ha sido bastante dañina para el medio ambiente, desde el punto de vista de la crisis climática, ya que el uso del carbón libera dióxido de carbono, el cual ha proporcionado el 72% de los gases liberados incrementando el efecto invernadero (ENDCOAL, 2014). Las consecuencias de esta situación es que para el año 2100 la temperatura aumentaría en 6° C, lo cual es un riesgo muy alto para todo el ecosistema y la salud de las personas.

La industria minera del carbón en Chile ha sido potenciada por las termoeléctricas, generando consecuencias negativas en pequeños pueblos, como es el caso de Ventanas en la comuna de Puchuncaví en Valparaíso. Este sector fue declarado una zona de sacrificio en 1993 por los altos niveles de contaminación de anhídrido sulfuroso y material particulado respirable (Pool, s.f)

Esta industria ha afectado tanto a la salud de las personas que residen cerca del sector como al ecosistema. Los habitantes han presentado

síntomas como dolores de cabeza y náuseas, los infantes son vulnerables a padecer asma y los adultos fumadores pueden llegar a desarrollar cáncer de pulmón o enfermedad pulmonar obstructiva crónica (Carmona, 2018). Por otro lado, también ha afectado al ecosistema ya que Fuentes (2018) afirma que a veces ocurre varamiento de carbón en el océano, lo que también afecta a la economía local como es la pesca.

Finalmente en Chile, la industria del carbón ha creado estas zonas de sacrificio sin responsabilizarse por el daño causado tanto al ecosistema como a la vida de las personas.

# ENERGÍA

En el área de tecnología y economía el término energía se refiere a las fuentes recursos naturales de los cuales se puede obtener, transformar y usar energía. Estos recursos se emplean en diversas áreas industriales y económicas para satisfacer la producción y el consumo de bienes y servicios.

En este sentido se pueden distinguir las fuentes de energía renovables como, por ejemplo, la energía eólica, la energía hidráulica, la energía solar; y las fuentes de energía no renovables, como el carbón, el gas natural, el petróleo, la energía atómica. (Fundación Endesa, 2021)

## Contexto nacional

Chile dentro de sus agendas gubernamentales presenta objetivos de trabajo de carácter prioritario en el ámbito de desarrollo energético sustentable, debido a que es un compromiso a nivel mundial, ya que esta área ha sido una de las causantes de la crisis climática. Pero estos objetivos de trabajo no han evitado que los cambios que se han buscado realizar a lo largo de los últimos años disminuyan los problemas energéticos a nivel nacional.

Uno de los problemas es el reparto energético en los distintos sectores, como se puede ver en la figura 6 en el cual gran parte del consumo energético es utilizado por las industrias y las mineras con un 43%, seguido por el transporte. Sin embargo hay que considerar que el transporte es un bien ocupado por gran parte del país, mientras que los otros sectores pertenecen a empresas privadas y los beneficios no se ven reflejados para la gente.

Por otro lado, si bien existe esta desigualdad en el consumo energético ante privados y públicos, también hay una gran desigualdad a nivel territorial. Como se puede ver en la figura 7, las regiones al extremo del país poseen energía inestable, lo que significa que la calidad de ésta es pobre y son las propias personas las que deben velar por su energía, en comparación con la zona central en donde la Región Metropolitana tiene un consumo de energía estable y de calidad. Hay que considerar también que no todas las comunas tienen el mismo acceso, por lo que si se analiza esta problemática detalladamente se observa una distribución desigual de energía.

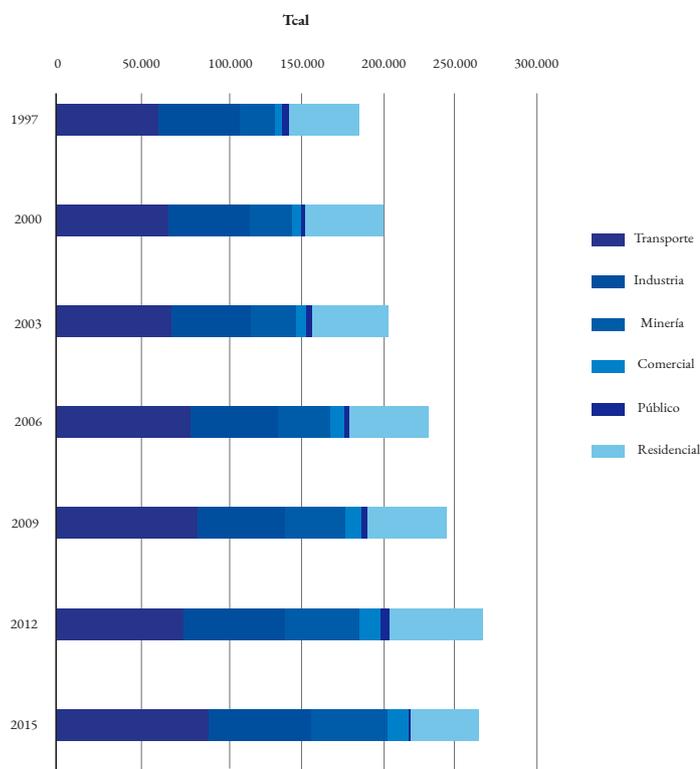


Figura 6 [Tabla] Reparto energético por sector.  
Fuente: Elaboración propia a partir de BNE

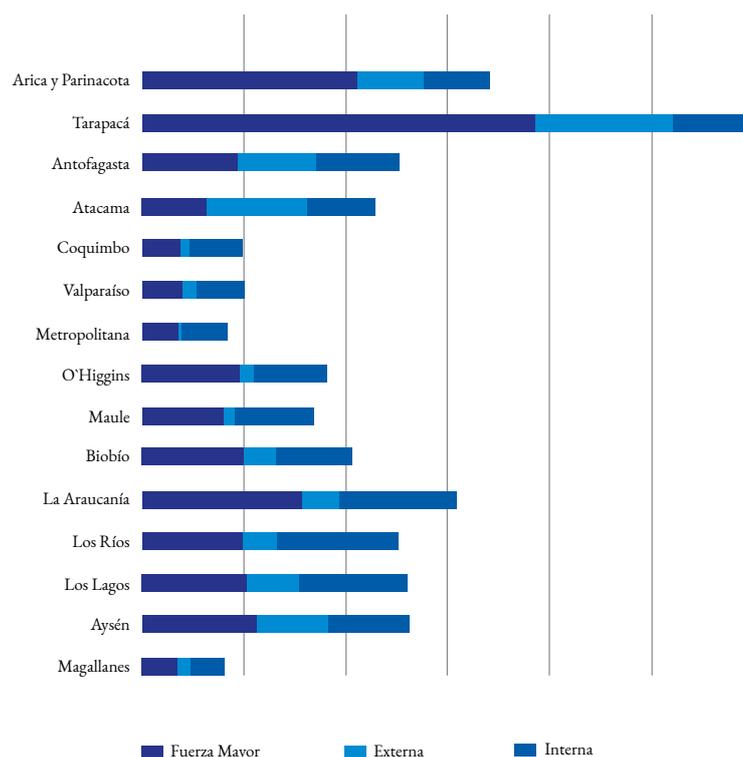
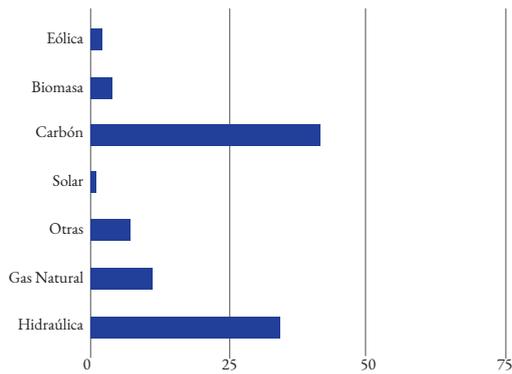
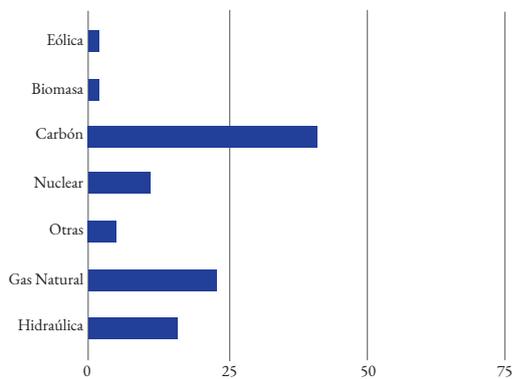


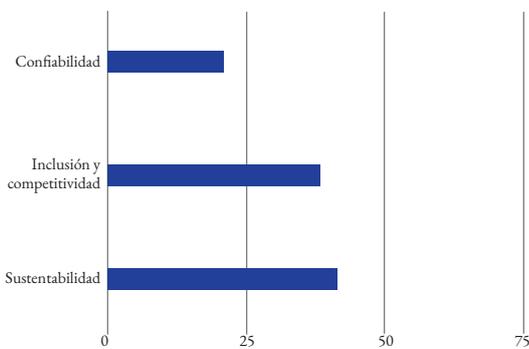
Figura 7 [Tabla] Reparto energético por región.  
Fuente: Elaboración propia a partir del Banco Mundial



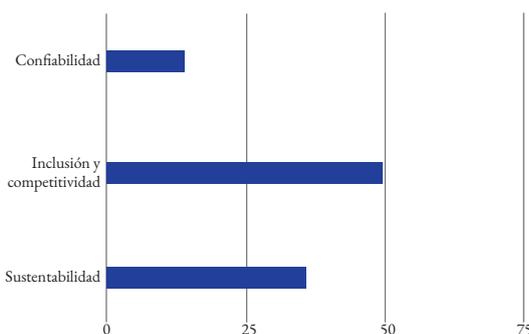
**Figura 8** [Tabla] *Tipos de energía usadas en Chile 2014.*  
Fuente: Elaboración propia a partir del Ministerio de Energía



**Figura 9** [Tabla] *Tipos de energía usadas en UE 2014.*  
Fuente: Elaboración propia a partir del Ministerio de Energía



**Figura 10** [Tabla] *Lo que esperan de la energía actualmente.*  
Fuente: Elaboración propia a partir del Ministerio de Energía

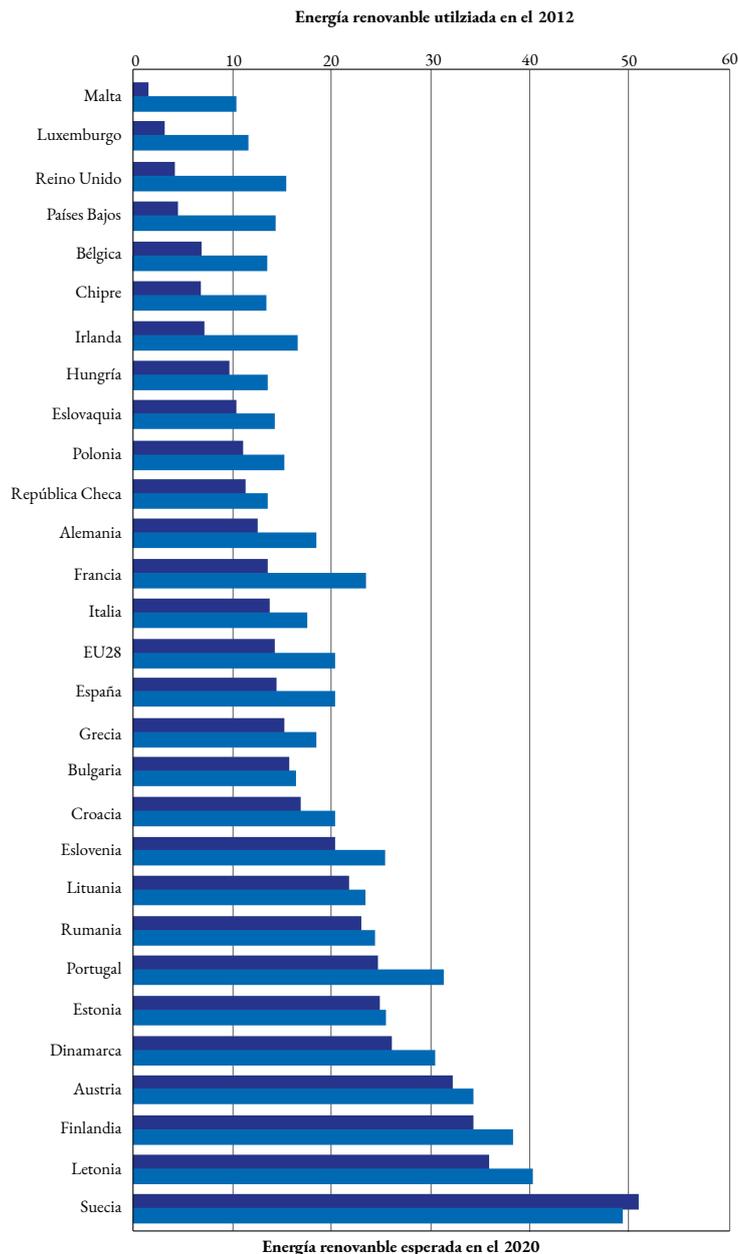


**Figura 11** [Tabla] *Lo que esperan de la energía en el futuro.*  
Fuente: Elaboración propia a partir del Ministerio de Energía

Al saber que el consumo energético es un tema importante, es necesario determinar cuál es la principal fuente de energía a nivel nacional. Como se puede ver en la figura 8 hasta el año 2014 gran parte de la fuente energética provenía del carbón con un 41%, seguido por las centrales hidroeléctricas con un 34%; por medio de estos valores es observable que en el país aún es preponderante el consumo del carbón como fuente de energía, contrario a los objetivos de las propuestas de las agendas gubernamentales.

Sin embargo Chile ha comenzado a impulsar el uso de energías renovables sustentables, por lo que es importante saber cómo las personas se relacionan con el tema, ya que finalmente el consumo energético es una tarea de todos. En este caso, observando la figura 10, se puede visualizar lo que las personas esperan del tema energético actualmente, donde la sustentabilidad tiene mayor prioridad, siguiendo la inclusión de esta, es decir que sea igualitario y fácil de acceder y por último la confiabilidad.

## Dentro del contexto internacional



**Figura 12** [Tabla] *Uso de energía renovable en la UE.*  
Fuente: Elaboración propia a partir de Eurostat

En comparación de la situación mundial, Chile mantiene bajos índices de consumo de energía sustentable. Ya que en promedio el mundo en el 2012 consumió un 46% de energía renovable, en cambio Chile en el 2014 consumió un 21% de energía renovable.

En cuanto de los países que poseen mayor consumo de energía renovable, lo encabeza Noruega con un 64,5% y luego Suecia con un 51%. En comparación los más bajos dentro de Europa se hallan Malta (1,4%), Luxemburgo (3,1%), Reino Unido (4,2%) y Holanda (4,5%). Dentro de las energías renovables más

utilizadas, están la energía solar y la eólica, despojando al carbón y otras energías no renovables como las matrices principales. (Eurostat, 2018)

En Chile el 41% del consumo de la energía proviene del carbón y luego de otras energías, siendo las renovables el menor porcentaje, por ello es importante visualizar el cambio.

## Deuda ecológica

Actualmente el mundo está en una carrera contra el tiempo, el jefe de las Naciones Unidas dijo que la biodiversidad está colapsando. Un millón de especies en riesgo de extinción y los ecosistemas desaparecen ante nuestros ojos (Carrere, 2020). Esto se debe al cambio climático en consecuencia al aumento del dióxido de carbono y otros agentes contaminantes que se han ido acrecentando rápidamente con el paso del tiempo, por lo que para frenar esta crisis mundial se debe alcanzar la neutralidad del carbono para el año 2050.

En el 2015 gran parte de los países, incluido Chile, se suscribieron al Acuerdo de París, uno de los tratados para el cambio climático más importante en la actualidad. Cada país debía presentar compromisos denominados Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC), esto con el fin de reducir para el año 2030 las emisiones de gases de efecto invernadero en un 45 % y suprimirlas en 2050. El compromiso de Chile se basó en cuatro ideas: el sistema de transporte

utilice combustible limpio, descarbonizar la matriz energética para el uso de las energías renovables, aumentar la eficiencia energética y potenciar la forestación y reforestación (Carrere, 2020).

Sin embargo, los compromisos adquiridos no han evitado que cada país aumente su deuda ecológica. La deuda ecológica se basa en la idea de justicia ambiental, donde todos los habitantes del planeta tienen derecho a la misma cantidad de recursos y a la misma porción de espacio ambiental, los que usan más recursos u ocupan más espacio tienen una deuda hacia los otros (Russi, 2005). En base a este planteamiento, cada país debe dividir sus recursos para utilizarlos a lo largo del año, evitando el consumo excesivo y pasar a llevar los recursos que les corresponden a otros países, pero la realidad es distinta.

Un ejemplo es Chile, quien agotó sus recursos para el año 2019 el 19 de mayo del mismo año, al año siguiente en plena pandemia agotó sus recursos el 18 de mayo. Cada año el país

agota sus recursos naturales para el consumo energético con mayor rapidez, por lo que los compromisos adquiridos deben tratarse con mayor prioridad. Si bien en este camino de la descarbonización se ha planteado un proyecto de ley en el cual las centrales de energía a carbón deben cerrarse en el 2025, objetivo que antes tenía fecha límite el año 2040 (Cuenta Pública, 2020), demostrando con esta acción que los gobiernos están tratando de acelerar la descarbonización del país para cumplir con el Acuerdo de París.

Aunque este proyecto de ley tiene varios vacíos según Fabia Liberona, directora de Fundación Terram, quien menciona que las centrales a carbón se apagan, pero permanecen en el sistema (sin operar). Además, agrega que el plan no considera desmantelamiento de las infraestructuras, ni descontaminación o remediación, por lo que las centrales quedarán como un pasivo ambiental. (Carrere, 2020)

No obstante, esto puede ser una oportunidad para transformar aquellas estructuras, considerando que la industria de la construcción es una de las más contaminantes y a su vez tomando las ideas que se plantean en la Política Energética de Chile 2050, en la cual se menciona la reutilización de las infraestructuras con el fin de estar bajos los términos de sustentabilidad en todas las áreas.



**Figura 13** [Esquema] *La agotación de recursos naturales de Chile.*  
Fuente: Elaboración propia a partir del Fondo Mundial de la Naturaleza

# Política Energética 2050



Ya hablado el tema de la deuda ecológica de Chile, existe la Política Energética 2050, un plan nacional elaborado el 2015 considerando los datos de la realidad energética, la perspectiva de las personas y proponer nuevos lineamientos en este camino de la descarbonización.

A través de pilares fundamentados por estudios realizados junto a las personas de todas las regiones, proponen estrategias para poder concientizar sobre los problemas que conllevan la energía y hacer parte todas las regiones.

## Pilares de la Política Energética

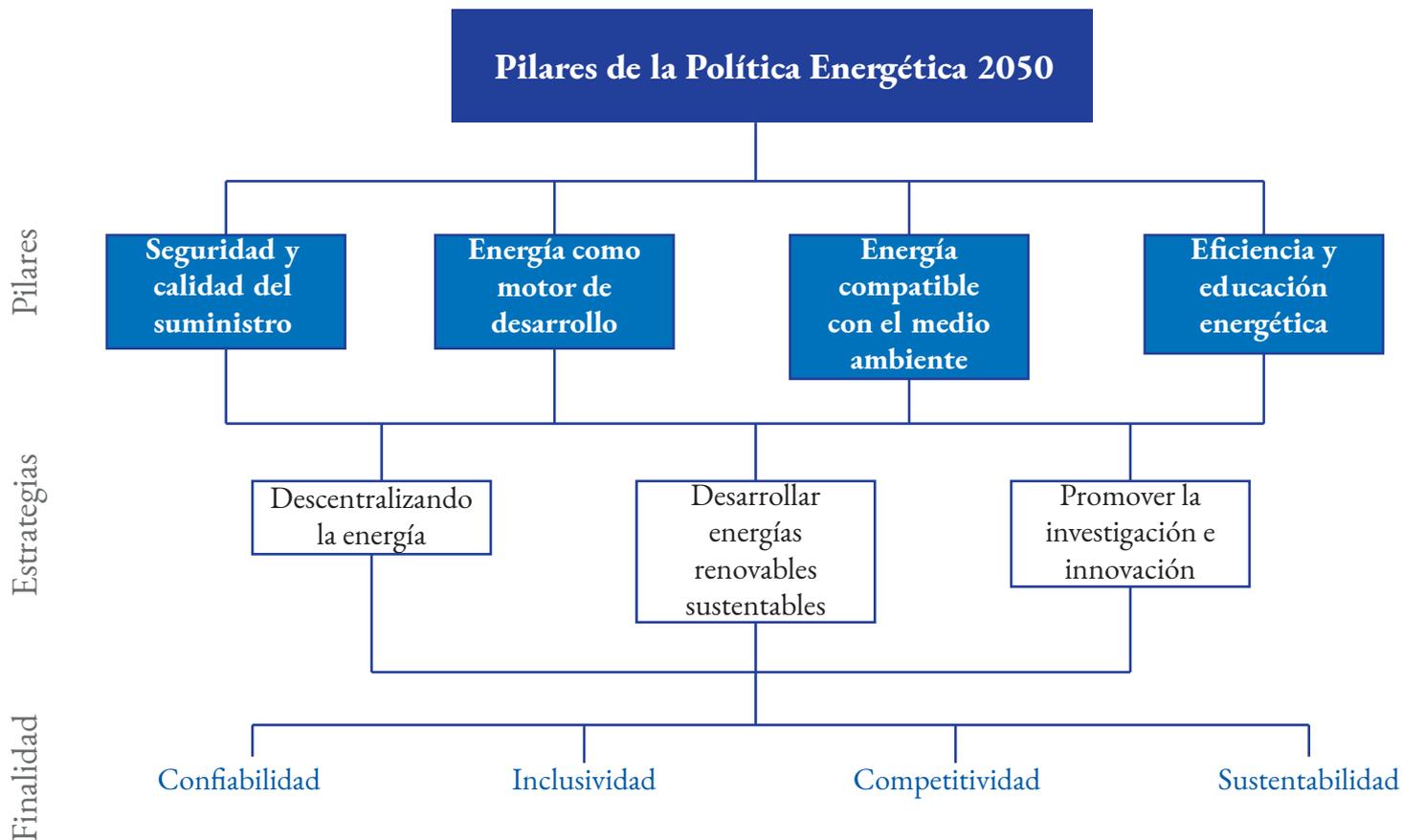


Figura 14 [Esquema] Política Energética 2050.  
Fuente: Elaboración propia a partir de la Política Energética 2050

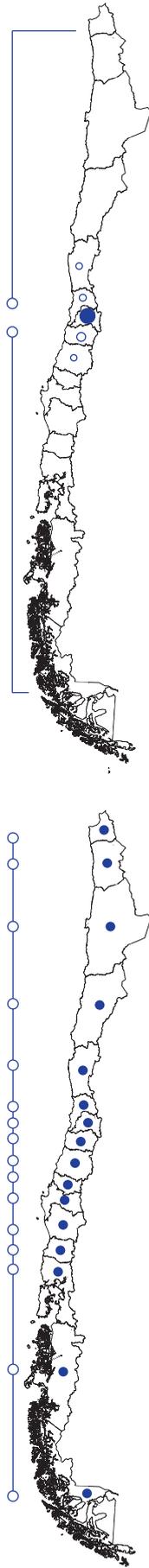
La Política Energética 2050 se basa en cuatro pilares principales: primero la calidad de la energía, segundo cómo ésta puede ser un motor de desarrollo para las comunidades, tercero que la energía sea lo más amigable con el medio ambiente, tanto en la instalación de una central de energía o su producción y cuarto todo el proceso debe ir de la mano con la educación de las personas.

Para asentar de mejor manera estos pilares, se definieron de manera general tres estrategias que serán explicadas con mayor profundidad

en el documento, pero está relacionado con la descentralización de la energía, la sustentabilidad y la promoción en el ámbito de la investigación e innovación.

Estas estrategias fueron propuestas después de las investigaciones realizadas por el Ministerio de Energía, con la finalidad de que la energía que esté produciendo Chile vaya en el camino de la sustentabilidad.

## Descentralización de las energías



Uno de los temas propuestos es la descentralización de la energía, es decir, que todas las regiones puedan poseer acceso a ésta de manera igualitaria, ya que como se había mencionado anteriormente, hay regiones que concentran más consumo energético que otras. La Política Energética 2050 (2015) plantea desarrollar en el sector energético una estrategia de asociatividad que permita transformar positivamente la calidad de vida de las localidades en las que se emplazan los proyectos. Esto significa llevar los proyectos energéticos, ya sean las plantas de energía u otros, a los pueblos para trabajar en conjunto.

Además este plan de descentralización tiene como finalidad conectar las centrales energéticas de manera nacional, en donde debe haber una gestión regional para que puedan avalar de manera justa el acceso. El documento plantea que como objetivo de Política Energética, todas las regiones deberán contar con planes energéticos regionales, así como los instrumentos de planificación y ordenamiento territorial regional y comunal deberán incorporar los lineamientos de la Política Energética (Ministerio de Energía, 2015). Esto permitirá un ordenamiento y cumplimiento con los compromisos en el Acuerdo de París.

Figura 15 [Esquema] *Descentralización de la energía.*  
Fuente: Elaboración propia

## Sustentabilidad de las energías

Otra de las estrategias de la Política Energética, es que la energía sea sustentable para acabar con el uso del carbón y también permitir que todo este proceso de descarbonización sea sustentable. Para llevar a cabo esto, se plantea la idea de reciclaje de las infraestructuras, en donde menciona que el complemento de esta matriz renovable deberá utilizar al máximo aquella infraestructura de generación existente que contribuya a un desempeño eficiente del sistema. (Ministerio de Energía, 2015)

Como la política también va enfocada en la concientización de las personas se busca su colaboración, junto al de las empresas y al estado. Con la finalidad de crear proyectos que de verdad vayan a beneficiar las comunidades locales y que éstos sean sustentables y desarrollen tecnología y energía del mismo carácter.

## Educación de las energías



**Figura 16** [Fotografía] Laboratorio al aire libre de Laborelec Chile. Fuente: Revista EI

La última estrategia es la educación, la cual se divide en dos vertientes. La educación en el ámbito de los cuidados de la energía, es decir, cómo utilizarla de mejor manera, cuál tipo de energía usar, entre otros temas. Esto se plantea tanto en un programa educacional desde la infancia, el asesoramiento de los consumidores y educación al sector privado; permitiendo que se desarrollen capacidades, que los intereses y objetivos vayan en la misma línea y la visión a nivel nacional sea compartida.

La segunda vertiente es la educación como motor de investigación, en donde se menciona que la educación superior es muy importante ya que los estudiantes se pueden seguir desarrollando en este ámbito, potenciando posibles centros de investigación. La política lo plantea de esta forma: en el nivel de educación superior, es relevante permear los planes formativos de los planteles de educación técnica y profesional, que faciliten la captura de valor y potenciales externalidades positivas para los territorios donde tiene lugar el desarrollo energético,

promoviendo simultáneamente la innovación en nuestro país. Esto se puede lograr con la incorporación de fondos concursables para promover la investigación en nuevas tecnologías energéticas, otorgamientos de becas y pasantías nacionales e internacionales (Ministerio de Energía, 2015).

Por lo que el planteamiento de centros de investigación donde se innove constantemente es un fuerte pilar para esta política, en la cual tiene sentido que estas dos áreas trabajen juntas, ya que el país tiene un gran potencial para desarrollar nuevos estudios en diferentes áreas de energías renovables. Un ejemplo de ello, es el desarrollo del hidrógeno verde, una investigación que lideró Chile y actualmente se están construyendo las plantas de energía.

# CENTRO DE INVESTIGACIÓN

Un centro de investigación se puede definir como una organización dedicada a adelantar investigación científica, dotada de administración, recursos financieros, humanos e infraestructura destinada al desarrollo de este objeto (CIESPE, 2015), esto es una definición general, por lo que existen diversos centros de investigación dedicados a distintas áreas. Como dice el nombre, un centro de investigación de energías investigaría dicha área, teorizando e innovando en nuevas tecnologías. Además

un centro de investigación sirve y debe constituirse para poder ser referentes útiles en la atención de aquellas áreas en las que sabe y se propone son de vital importancia dentro de las necesidades de transformación de la sociedad a la que se debe. (CIESPE, 2015)

## Contexto internacional



Figura 17 [Fotografía] *Parque Eólico en Holanda*  
Fuente: Ewind

Actualmente, son países de la Unión Europea, por ejemplo Alemania, Holanda, Reino Unido y Dinamarca, quienes lideran en el campo de los centros de investigación de energías renovables, como también en el desarrollo de tecnología en este ámbito.

Esto se ha logrado a través de estrategias que van ordenando el funcionamiento de sus centros de investigación, por ejemplo en Alemania el Gobierno Federal es quien organiza principalmente el funcionamiento de los centros de investigación, motivando a los privados a trabajar en conjunto para generar resultados que beneficien a la comunidad.

En la última década ha aumentado la cantidad de apoyo financiero para mejorar la calidad de las investigaciones, terminando en importantes proyectos tecnológicos sustentables y también en grandes proyectos energéticos renovables, como en el caso de Holanda con su parque eólico.

## Organización estructural

La organización estructural de los centros de investigación se puede dividir en cuatro áreas, como se puede ver en la figura 18, en donde se destacan tres entidades importantes: el estado, el privado y la academia. A nivel internacional existe esta forma distinta de gestionar un centro de investigación, de eso depende la escala y el impacto que pueda generar. Además de que estas entidades son independientes, siguen estando bajo el Estado quien regula su funcionamiento.

Los centros de investigación mayoritariamente se enfocan en un área específica de trabajo, por ejemplo CI de energía solar o CI de energía eólica, son escasos los ejemplos de centros de investigación que estudien todas las áreas.



Figura 19 [Fotografía] *Centro Nacional de Energías en España.*  
Fuente: CENER

Centro Nacional de Energías  
Renovables. España



Centro de Investigación de  
Energía Solar Chu-Hall. Estados  
Unidos

# Centros de Investigación

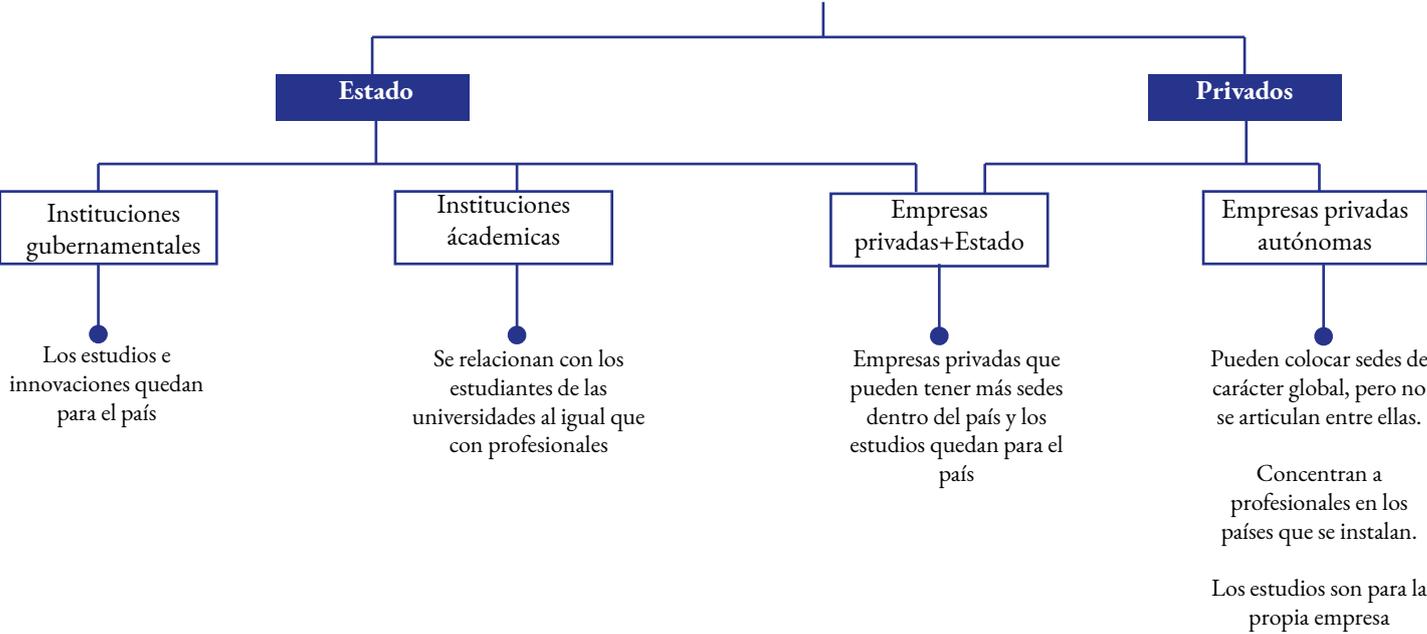


Figura 18 [Esquema] Organización de los centros de investigación. Fuente: Elaboración propia a partir de CENER



Figura 20 [Render] Proyecto de Centro de Investigación de Energía Solar. Fuente: Plataforma Arquitectura



Figura 21 [Fotografía] Centro de Investigación de Energía en Alemania. Fuente: General Electric

Centro de Investigación de Energía Renovable, General Electric. Alemania

## Contexto nacional

En la última década hubo un cambio en el escenario nacional debido a la creación del Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Investigación. A través de este ministerio se esperaba velar por los centros de investigación y fomentar el desarrollo e innovación, reemplazando lo que alguna vez fue el Consejo Nacional de Innovación para el Desarrollo.

El desarrollo científico en Chile ha tenido problemas en temas de gestión, financiamiento y el fomento de las personas para dedicarse al área de investigación. Esto se puede ver en la figura 22, donde el aporte del estado es muy bajo alcanzando un 0,4% de ayuda monetaria, mucho más bajo a comparación del estándar de la OCDE en donde se puede ver que están cercanos a los 2,5%, si bien el tema de desarrollo científico es considerado importante en nuestro país, aún no se toman medidas concretas para generar una continuidad en las investigaciones, afectando la motivación de los especialistas en trabajar en estas áreas.

Esto finalmente provoca un problema de gestión, un estudio realizado en el 2016 por parte del Consejo Nacional de Innovación para el Desarrollo (CNID), mostró cuales eran los problemas a nivel organizacional

en los centros de investigación. En el caso de estar bajo la tutela del Estado, estos se rigen por las políticas según el gobierno de turno, quitando la continuidad de los centros de investigación. Esto se debe a que los financiamientos son cinco años, incluso menos y el poder mantener el financiamiento es realmente un desafío.

Por otro lado, las empresas privadas “se centran principalmente en realizar y adjudicar concursos y en controlar el cumplimiento de las obligaciones contractuales de los centros” (CNID, 2016) es decir que hay poco interés en seguir investigando si han alcanzado el objetivo inicial de la investigación. Esto hace que sean los que menos invierten y fomenten la investigación.

Finalmente está la academia, es decir instituciones de educación superior. Su principal problema es “que existen aspectos que no están adecuadamente definidos entre las partes, por ejemplo, temas de propiedad intelectual, definición de dedicación de tiempo de académicos, formas de participación de las autoridades universitarias en los centros” (CNID, 2016) lo que conlleva que no haya un entendimiento entre las distintas entidades en el proceso de investigación.

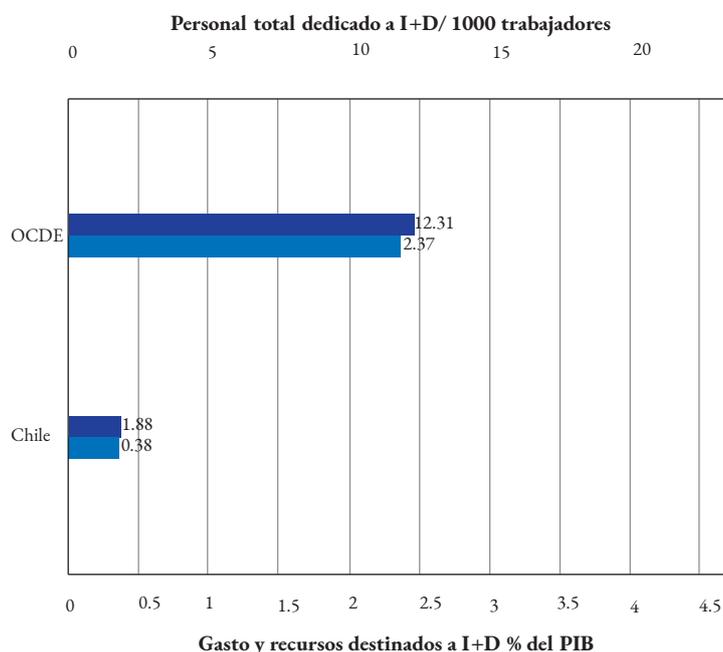


Figura 22 [Tabla] Comparación de gastos y personal en los centros de investigación. Fuente: Elaboración propia a partir de la OCDE

## Organización política

En la figura 23 se puede observar el organigrama de los centros de investigación bajo el apoyo del Estado. Si bien desde la academia y de los privados existe una forma de gestionar, esta tabla hablará desde una perspectiva pública.

En el año 2016 el principal organismo regulador era el Consejo Nacional de Innovación, organismo encargado de dictar y ejecutar las políticas y programas enfocados en el desarrollo tecnológico. Bajo este se encontraba el Comité Ministerial de Innovación, que diseñaba las políticas anteriores, y que además coordinaba la actividad entre los ministerios involucrados (Céspedes, 2017), principalmente el de Educación y el de Economía, ya que estos debían velar por la organización general y también el financiamiento. Luego, dependiendo de la finalidad del centro de investigación se determinaba qué ministerio estaría a cargo. En el caso de un centro de investigación de energías estaría involucrado el Ministerio de Energías.

Como se puede destacar en la tabla, CONICYT tiene como objetivo fomentar

la formación de las personas y fortalecer la base científica-tecnológica, por medio de fondos concursables, programas científicos y la vinculación internacional de profesionales chilenos. CORFO tiene por objetivo fomentar la competitividad y diversificación productiva a través del financiamiento de productos, servicios o procesos. Y la Iniciativa Científica Milenio (ICM), es un programa gubernamental que tiene por finalidad fomentar la investigación científica y tecnológica de excelencia en Chile, este financia la creación y el desarrollo de centros de investigación por medio de concursos públicos. (Céspedes, 2017)

Estas tres entidades son las encargadas de gestionar los centros de investigación, pero esta memoria se centrará en los resultados de los estudios que desarrolló CONICYT para ver la cantidad aproximada de centros de investigación y en qué lugares se encuentran ubicados. Ya que la Política Energética 2050 plantea una descentralización de la energía, esto también debe aplicar para la ubicación de los centros de investigación.

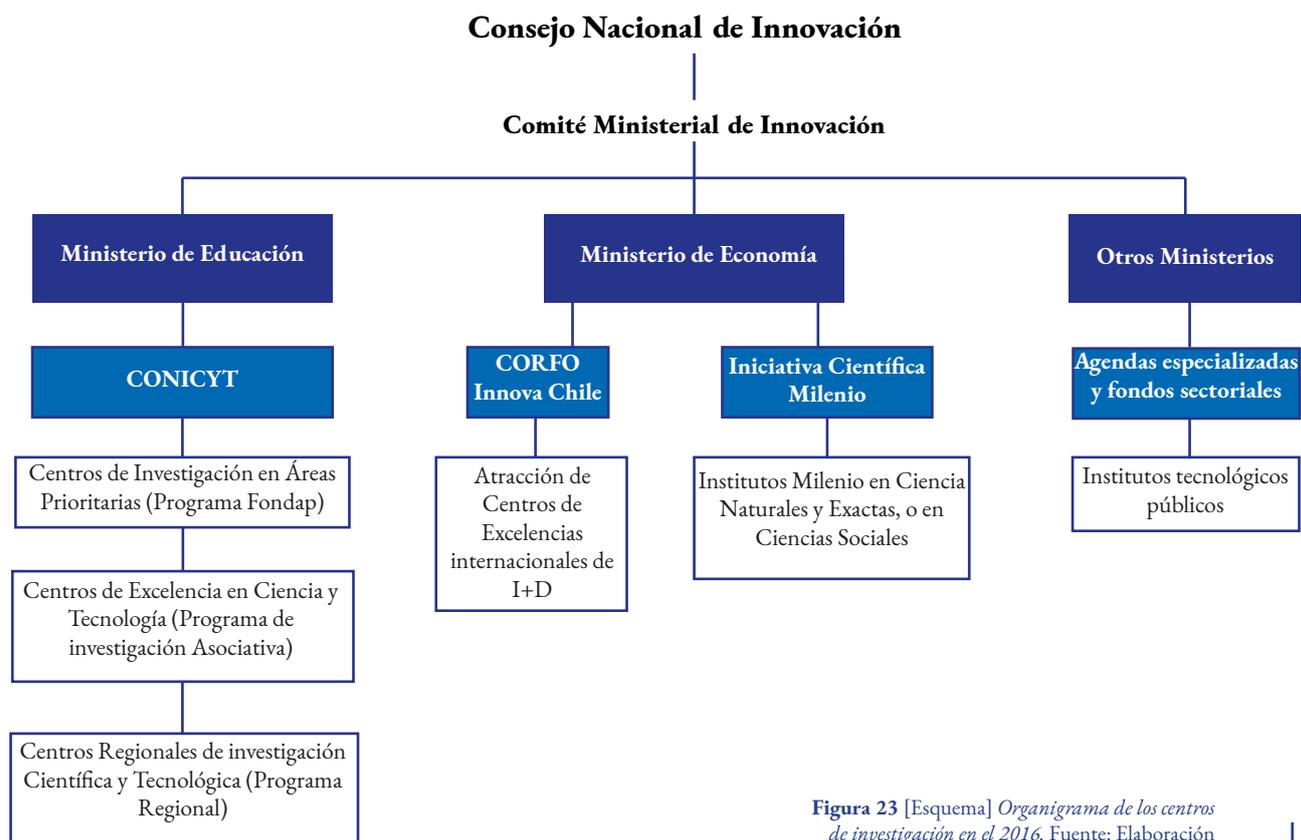


Figura 23 [Esquema] Organigrama de los centros de investigación en el 2016. Fuente: Elaboración propia a partir del CNID

## Organización territorial

Como se puede ver en la figura 24, existen aproximadamente 19 centros de investigación relacionados al tema de sustentabilidad, preservación de recursos naturales o energía, de los cuales 6 específicamente se enfocan en el área de las energías renovables. Sin embargo se puede demostrar la centralización de estos centros, ya que 4 de ellos se ubican en la Región Metropolitana y 2 en la Región del Bío-Bío. Por lo que siguiendo las ideas de la Política Energética, esto debe cambiar, ya que no todas las regiones estarían en las mismas condiciones. Como es el caso de la región de los Ríos, que no cuenta con ningún centro de investigación bajo CONICYT.

En el mismo estudio del CNID del año 2016, se menciona que las capacidades que se generen, deben aportar al desarrollo de los distintos territorios y regiones del país, por lo cual se debe incentivar la incorporación de capital humano avanzado en regiones distintas a la Metropolitana. Esto contribuye a la descentralización de las actividades de ciencia, tecnología e innovación, que actualmente se concentran principalmente en las regiones Metropolitana, Valparaíso y Bío-Bío.



**Figura 24** [Esquema] Organización territorial de CI bajo CONICYT en el 2015. Fuente: Elaboración propia a partir de CONICYT

## Dentro del marco internacional

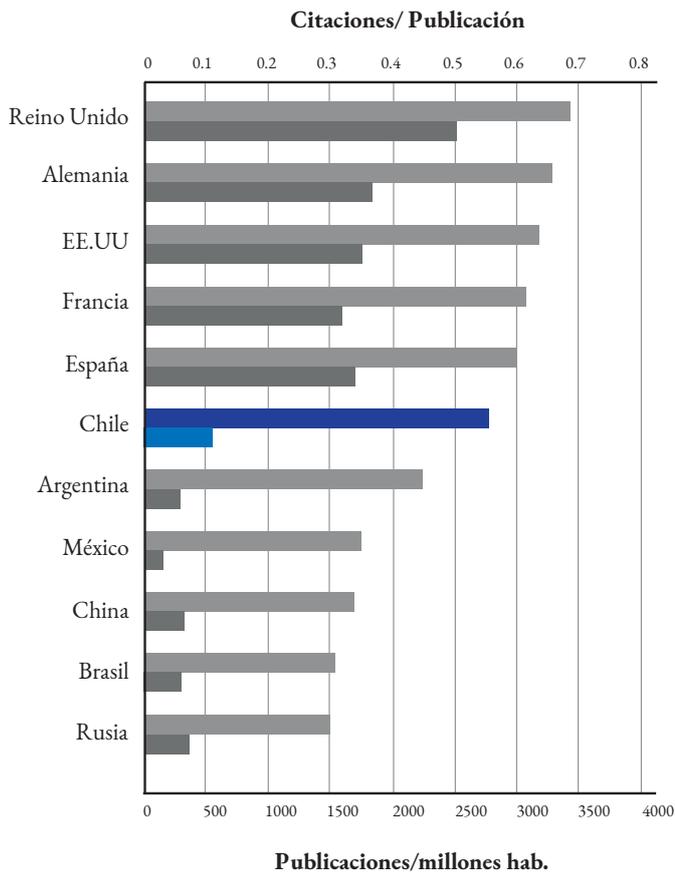


Figura 25 [Tabla] Cantidad de publicaciones y sus citas. Fuente: Elaboración propia a partir de la OCDE

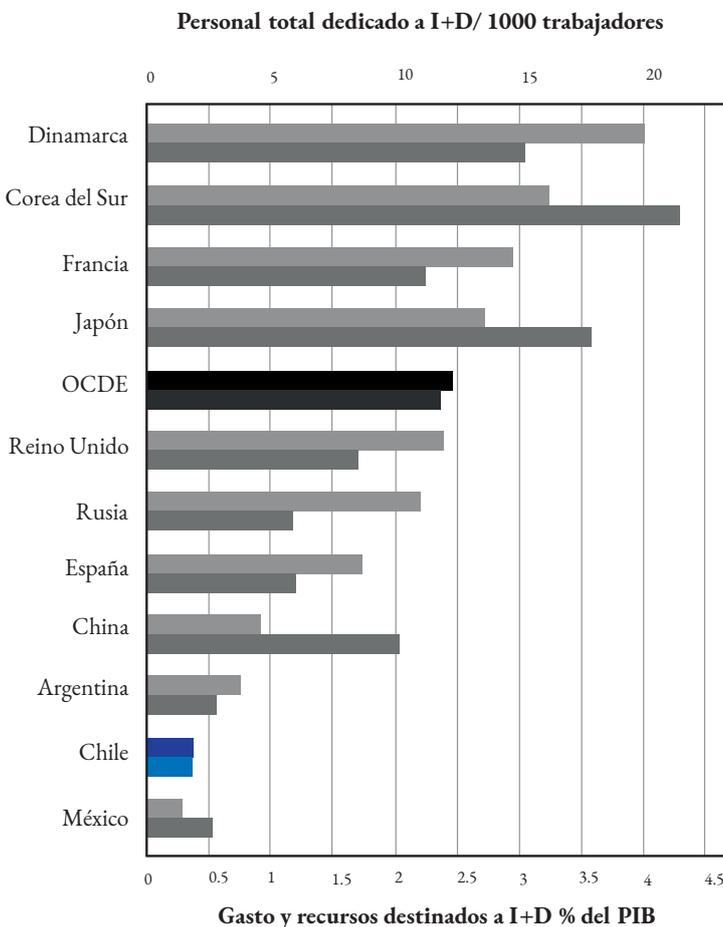


Figura 26 [Tabla] Gasto y personal de trabajo. Fuente: Elaboración propia a partir de la OCDE

Como se ha mencionado anteriormente, Chile a comparación de otros países de la OCDE se encuentra muy por lo bajo de los estándares, tanto en la cantidad de personas que trabaja en la investigación y en la cantidad de dinero que se invierte en ello, aunque a nivel latinoamericano se encuentra sobre Brasil, México y Argentina como se observa en la figura 26. Sin embargo cabe mencionar que Chile se encuentra muy bien posicionado dentro del marco internacional según la figura 25, donde destaca la calidad de sus investigaciones

El problema radica principalmente en la inversión, ya que a comparación de los países dentro de la OCDE Chile se encuentra posicionado casi al final, sin embargo es destacable que con el poco apoyo y con la poca cantidad de personas que participan, presentan investigaciones de alta calidad, cuya finalidad es el desarrollo sustentable del país. Un ejemplo es la investigación chilena del hidrógeno verde, una nueva forma de obtener energía a través de la extracción de las moléculas de hidrógeno del agua o del gas natural. Cabe destacar que son líderes por construir la primera planta de extracción a partir de esta investigación. En comparación se encuentran países que lideran las inversiones en los centros de investigación, por ejemplo Estados Unidos, pero que se enfocan en la investigación y desarrollo de armamento militar. (Céspedes, 2017)

Los centros de investigación son un pilar importante en el desarrollo del país y son necesarios para poder posicionarse de buena manera dentro del marco internacional, por lo que es esencial que con ellos se cree un buen sistema de gestión y también aumenten su presencia a lo largo del territorio nacional.

## Potencial de nodo científico: región de Los Ríos

Al evaluar los centros de investigación en el año 2010, CONICYT realizó un estudio de los potenciales científicos a lo largo del país, donde evaluó el potencial académico, infraestructura científica-tecnológica y las políticas de investigación e innovación de todas las regiones. La investigación e innovación se define como la introducción de conocimientos científico-tecnológicos al desarrollo productivo. La función de esta capacidad innovadora radica en ser catalizadora del desarrollo social. (Torres y Emilia, 2007, como se citó en CONICYT, 2010)

Por lo que el territorio en donde vayan a estar localizados los posibles centros de investigación tienen que poseer un carácter positivo y con cualidades científicas que ya tengan una base. Según Rózga (2002, como se citó en CONICYT, 2010), la geografía de la innovación se ocupa de tres problemáticas básicas:

- La localización de las actividades de innovación, describiendo el ambiente en el cual pueden emerger las innovaciones.
- La localización de las actividades de investigación.
- La conformación de los Sistemas de Innovación.

Según esta visión, la innovación, la ciencia y

la tecnología, representan en el territorio una externalidad positiva.

Por lo que considerando estas ideas, surge el interés de investigar en esta Memoria la región de Los Ríos, la cual no posee como tal un centro de investigación de CONICYT o de otras ayudas ministeriales, pero si posee centros de investigación a partir de las universidades presentes, como la Universidad Austral.

Según el Gobierno de Chile “la actividad económica principal de la región es silvoagropecuarias, forestal, agricultura, industrial, astilleros, actividad universitaria y el turismo”. En esta Memoria es de gran interés la actividad universitaria, donde el actor principal es la Universidad Austral, ya que este posee los recursos humanos para apoyar el desarrollo científico en el sector, en donde el número de académicos con grado de doctor representa el 32% (Ver figura 27) del número total de académicos en la única universidad regional integrante del CRUCH. (CONICYT, 2010) Y contando con un total de 166 laboratorios, cifra que equivale al 3,2% del total nacional, aunque en infraestructura de área investigativa sigue siendo un poco más bajo que el promedio nacional (Ver figura 28). Además cuenta con el Centro Regional de Análisis de Recursos y Medio Ambiente (CERAM) y el Centro de Estudios

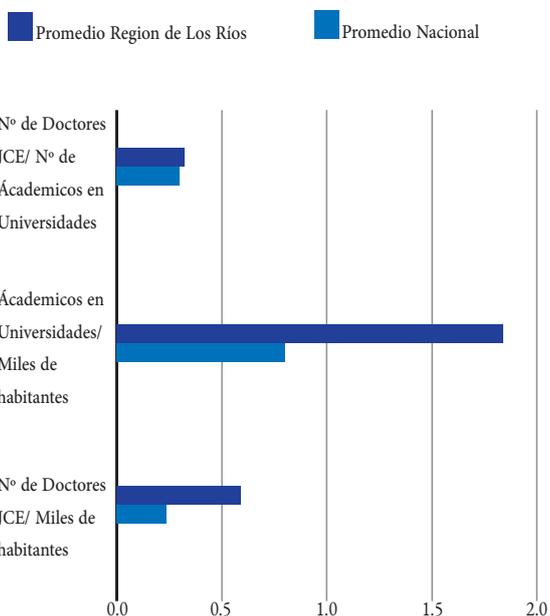


Figura 27 [Tabla] Perfil de académicos. Fuente: Elaboración propia a partir de CONICYT

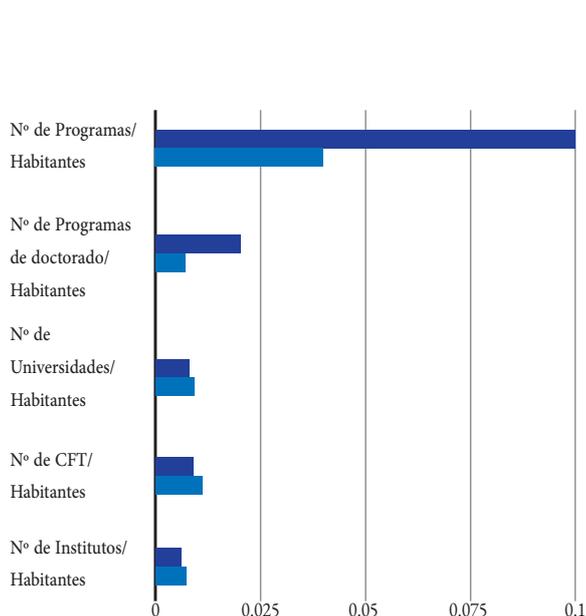


Figura 28 [Tabla] Formación académicos e infraestructura. Fuente: Elaboración propia a partir de CONICYT

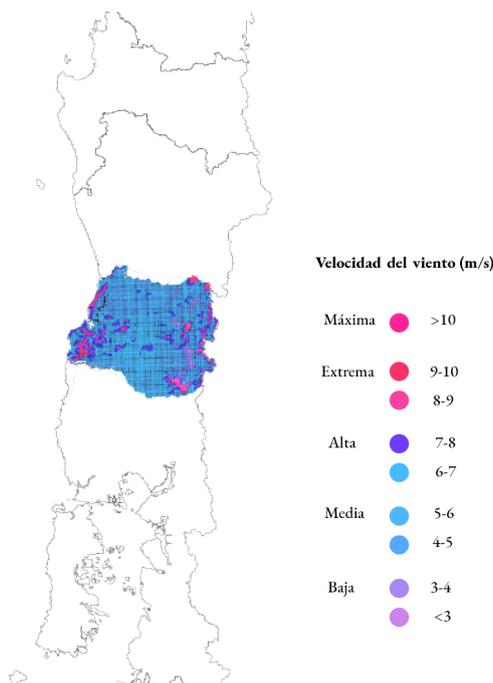
Ambientales (CEA).

Sin embargo, la mayoría de las actividades científicas que se realizan, tiene como finalidad la investigación forestal, agrícola y de salud. Aunque apuntan a que estas sean sustentables, no van con la finalidad de potenciar el uso de la energía renovable, siendo que es una de las regiones que posee gran cantidad de recursos para potenciar esta investigación, gracias a sus áreas verdes, la presencia de los ríos y según los estudios del Ministerio de Energía, también posee un potencial eólico (ver figura 29), solar (ver figura 30) e hídrico.

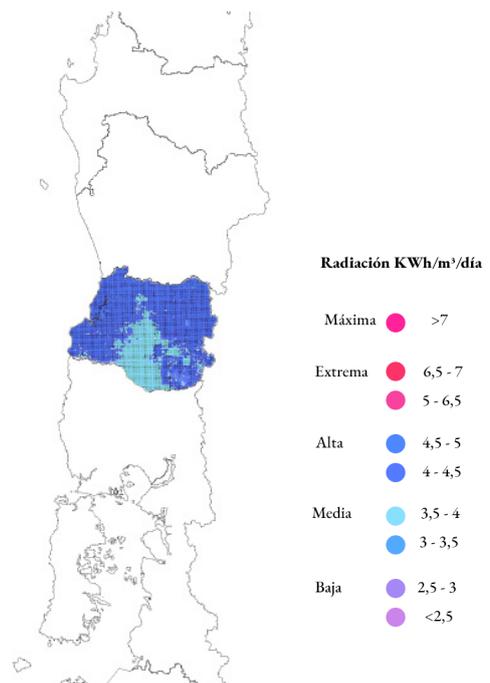
La Agenda Regional de Desarrollo Productivo (2007) tenía como ejes estratégicos el apoyar los sectores productivos y territorios con alto potencial y ampliar la sustentabilidad productiva de la región. Teniendo en consideración que debían ampliarse a estudios de carácter forestal, medio ambiental y de energía renovable (CONICYT, 2010). Aunque estas ideas no se han puesto en marcha, ya que, si bien se ha implementado la idea de los Nodos Tecnológicos en el 2006, estos fueron relacionados con la idea de modernizar la tecnología y su difusión.

Esto terminó en un proyecto de un centro de investigación agropecuario, sin embargo, considerando que Mainstream Renewable Power (2020) afirmó que la región de Los Ríos es una de las regiones con mayor impacto en el futuro para la generación de una matriz energética limpia. Pero considerando lo que postula la Política Energética 2050, hay que llevar este potencial hacia al lado de la investigación, en donde las bases ya están propuestas, además que la región de Los Ríos cuenta con inmuebles que dejó la era del carbón.

Tomando en cuenta que la región de Los Ríos ya posee una cultura científica-universitaria, cuenta con los recursos naturales, también posee una historia relacionada con la matriz energética y con un potencial paisajístico, es lo que la convierte en la región idónea para construir un centro de investigación e innovación de energías renovables.



**Figura 29** [Esquema] *Potencial eólico de la Región de los Ríos.* Fuente: Elaboración propia a partir del Ministerio de Energía



**Figura 30** [Esquema] *Potencial solar de la Región de los Ríos.* Fuente: Elaboración propia a partir del Ministerio de Energía

# Carbonífera de Pupunahue

La carbonífera de Pupunahue se encuentra en la región de Los Ríos, en la comuna de Máfil, perteneciente a la provincia de Valdivia. El inmueble cuenta con aproximadamente 2.000 metros cuadrados de superficie construida, dentro de un terreno de 115.000 metros cuadrados. Actualmente el inmueble pertenece al Fisco Nacional, pero pronto pasará a ser del Ministerio de Defensa, específicamente para el Ejército de Chile.

Está ubicado perpendicularmente al río San Pedro. La estructura del inmueble es en base a marcos rígidos de hormigón armado, contando con un volumen principal de gran

altura, convirtiéndolo en un hito dentro del paisaje del río San Pedro.

El diseño de los inmuebles y el posicionamiento dan cuenta que estaban bajo las ideas de la industrialización, donde se prioriza el trabajo lineal y secuencial.

Con esto presente, cuenta con una protección patrimonial por parte del Consejo de Monumentos Nacionales (CMN) a partir del 02 de Febrero del 2017 y es parte de la memoria de las personas que trabajaron en esta era de la industria del carbón.



**Figura 31** [Fotografía] *Carbonífera de Pupunabue.*  
Fuente: Diario Laguino

## Contexto histórico

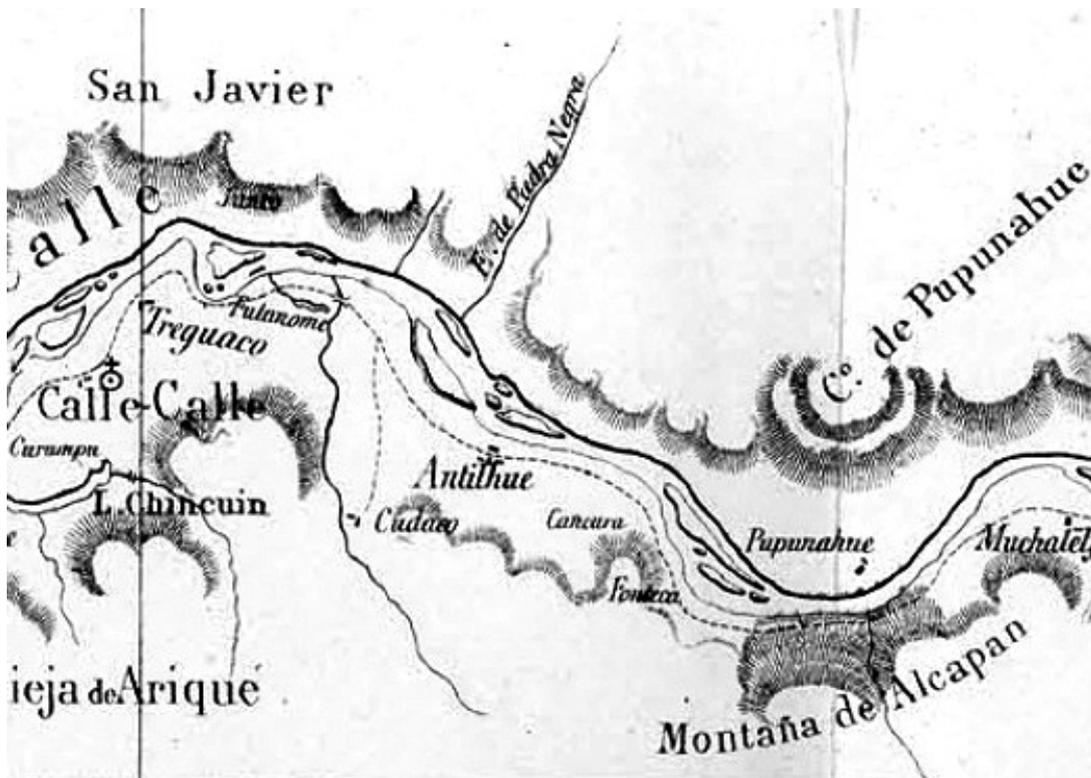


Figura 32 [Mapa] Mapa de la Carbonífera de Pupunahue y sus alrededores. Fuente: Biblioteca Nacional

La historia de esta carbonífera se remonta aproximadamente a inicios del Siglo XX, cuando el desarrollo de la industrialización se fue expandiendo a nivel nacional, por lo que el consumo del carbón mineral se vio incrementado. En ese entonces Pupunahue era una hacienda con fines agrícolas, que estaba a cargo de la familia Otterberg (Correa, 2016). Sin embargo, en la década de los veinte es cuando empiezan a explotar el yacimiento de carbón que se encontraba dentro del terreno, a orillas del río San Pedro.

Diez años más tarde crean la Sociedad Anónima Los Copihues de Pupunahue, en donde la familia realiza sus intentos de transformar el yacimiento en una mina como tal. Para esta época, el carbón extraído de este lugar era de gran importancia, ya que éste abastecía la central termoeléctrica de Millahuillin que se ubicaba en Valdivia, también abastecía al ferrocarril y a los barcos de vapor. El carbón extraído era del tipo sub-bituminoso, es decir que entregaba poca energía calórica pero encendía más rápido,

por lo que la sociedad anónima se asoció con los Altos Hornos de Corral, para someter el carbón a altas temperaturas y convertirlo en coque, un carbón más refinado (Correa, 2016).

En 1939 a nivel nacional se crea la CORFO, la cual buscaba financiar económicamente industrias que sirvieran al gobierno. Por lo que en 1945 esta entidad evalúa los yacimientos del sector para su posible explotación y estudio. Ya que fue durante esta época, que se encontraron con la cuenca carbonífera más grande de Chile, que es la de Magallanes, y esta compartía el mismo tipo de carbón que el extraído en la cuenca carbonífera de Osorno-Valdivia.

En una etapa de auge, en la mina de Pupunahue se proyectaba un plan para construir la primera planta purificadora de carbón, inspirándose en el procedimiento de origen alemán (Consejo de Monumentos Nacionales, 2016), donde se buscaba producir coque y otros productos derivados como petróleo, con el fin de abastecer el consumo energético de las ciudades del sur.

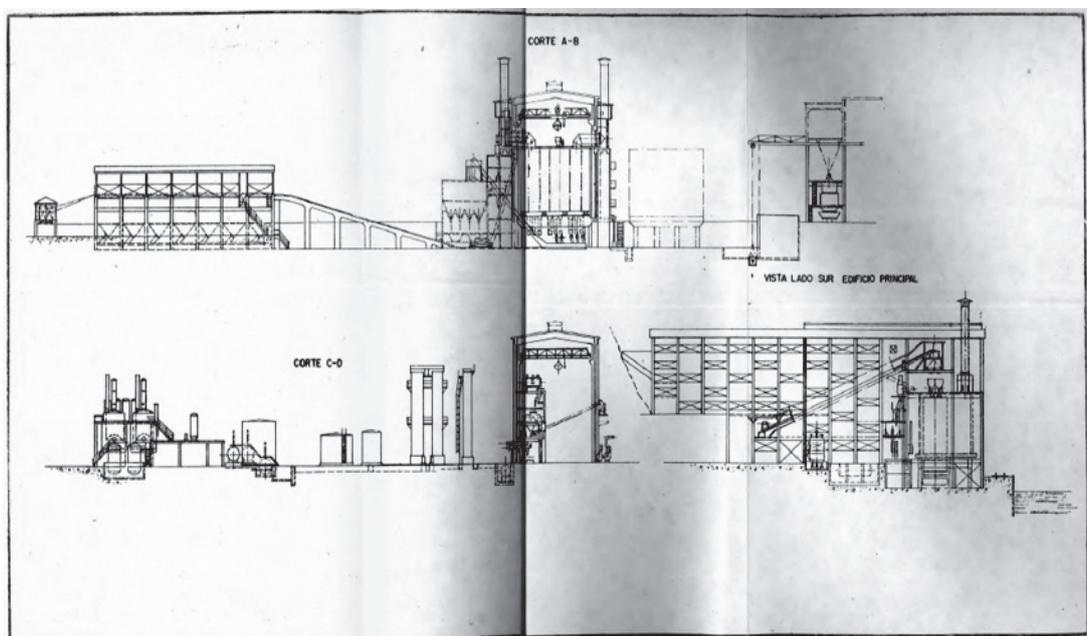


Figura 33 [Fotografía de planos] Plano del proyecto de la Planta purificadora de carbón.  
Fuente: Consejo de Monumentos Nacionales

Este proyecto se convertiría en un proyecto pionero, el cual se quería replicar en la región de Magallanes. Así que en 1953 la sociedad anónima y la CORFO llegan al acuerdo en que se entregaría el carbón a cambio de que financiaran la construcción del proyecto.

La construcción se inició en 1956, sin embargo este nunca fue finalizado, ya que en 1958 el carbón estaba perdiendo su valor, tanto nacional como internacionalmente. En el mismo año se cierra los Altos Hornos de Corral, terminando su posibilidad de seguir produciendo coque. Además, en 1959 el gobierno retira su apoyo por lo que el proyecto de construcción se ve estancado cuando llevaban aproximadamente un 90% de la construcción (Correa, 2016).

Deciden abrir la carbonífera un año más tarde, pero llegó el terremoto de Valdivia provocando que cerraran otro año más. Luego en otro intento de reactivarlo, se incendia una parte de la carbonífera siendo este el último suceso para que se mantuviera cerrado por casi treinta

años. La sociedad anónima Los Copihues de Pupunahue vende la carbonífera a la Sociedad Anónima Catamutún, quien en un último intento comenzó a explotar unos yacimientos en Máfil, pero en 1996 se incendian estos yacimientos (Correa, 2016), dejando ya en el 2001 el proyecto abandonado.

## Protección del Inmueble

El 17 de Febrero del 2017 el inmueble fue declarado Monumento Nacional en el decreto 41, bajo la petición de la comuna de Máfil y la comuna Los Lagos. El motivo principal de la protección fue por el valor ambiental en donde se encuentra inserto, además de los atributos declarados:

- 1) *Emplazamiento del conjunto en el territorio, entre la mina Pupunahue y el Río San Pedro.*
- 2) *Ubicación de cada uno de los edificios del conjunto, que dan cuenta de la proyección de la línea de producción industrial*
- 3) *Respecto al edificio principal: su altura, volumetría, materialidad y sistema constructivo, dimensión y distribución de sus vanos en fachadas, amplitud y división de su espacio interior.*
- 4) *Respecto a los inmuebles secundarios: su altura, volumetría, materialidad y sistema constructivo, cubierta.*
- 5) *Respecto a la torre de agua: su altura y materialidad*

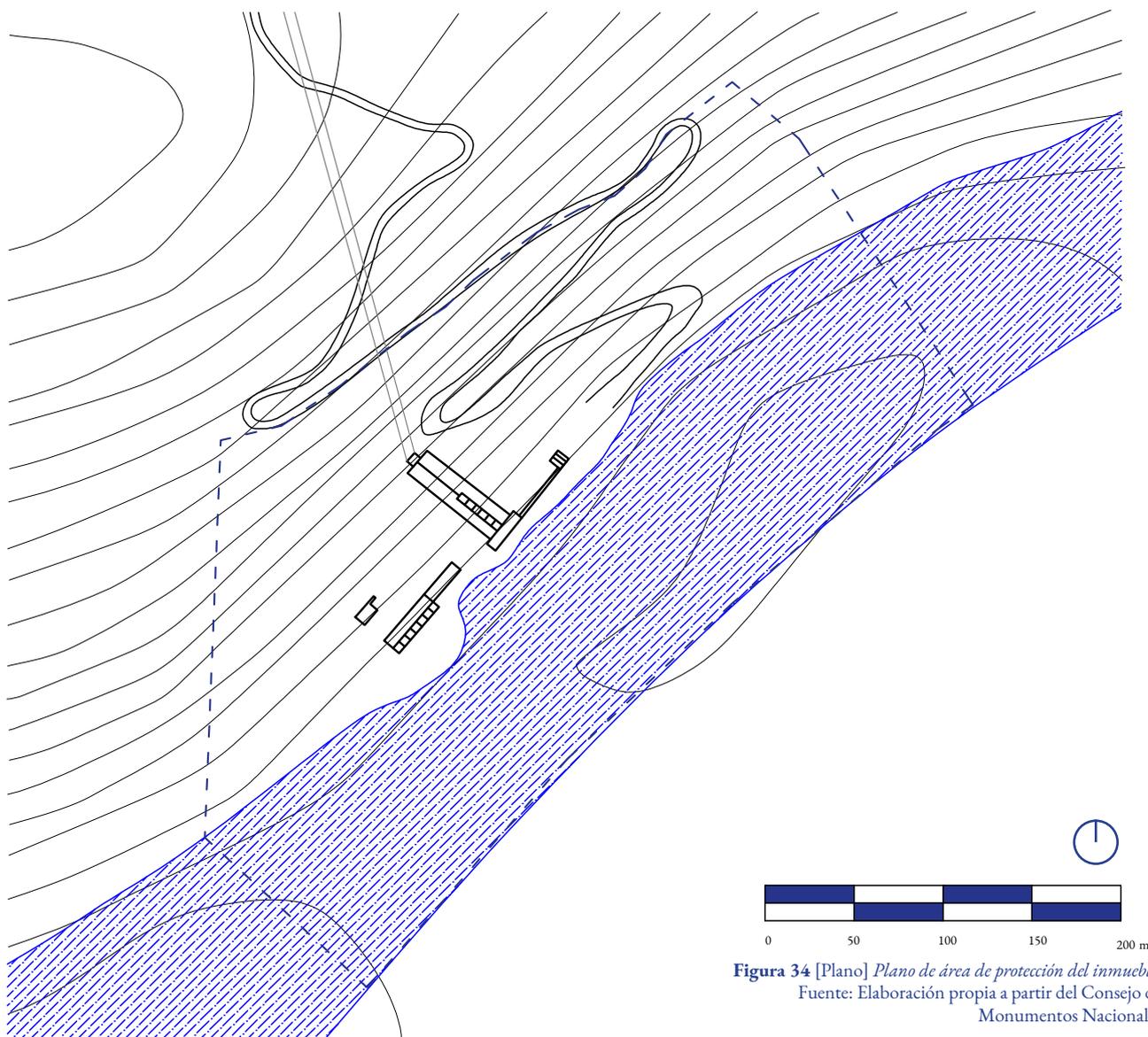
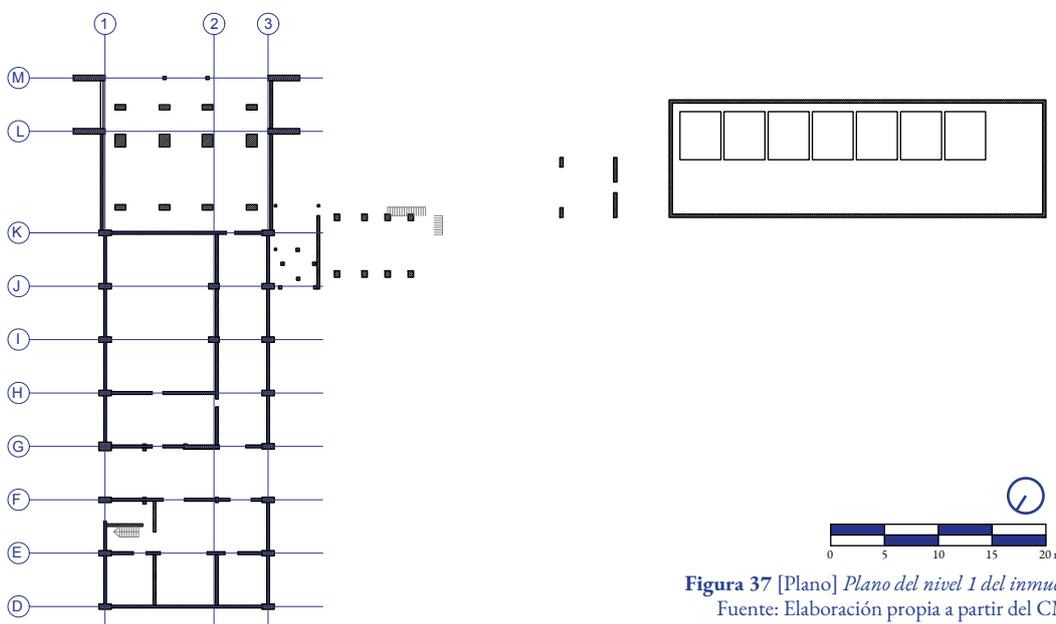
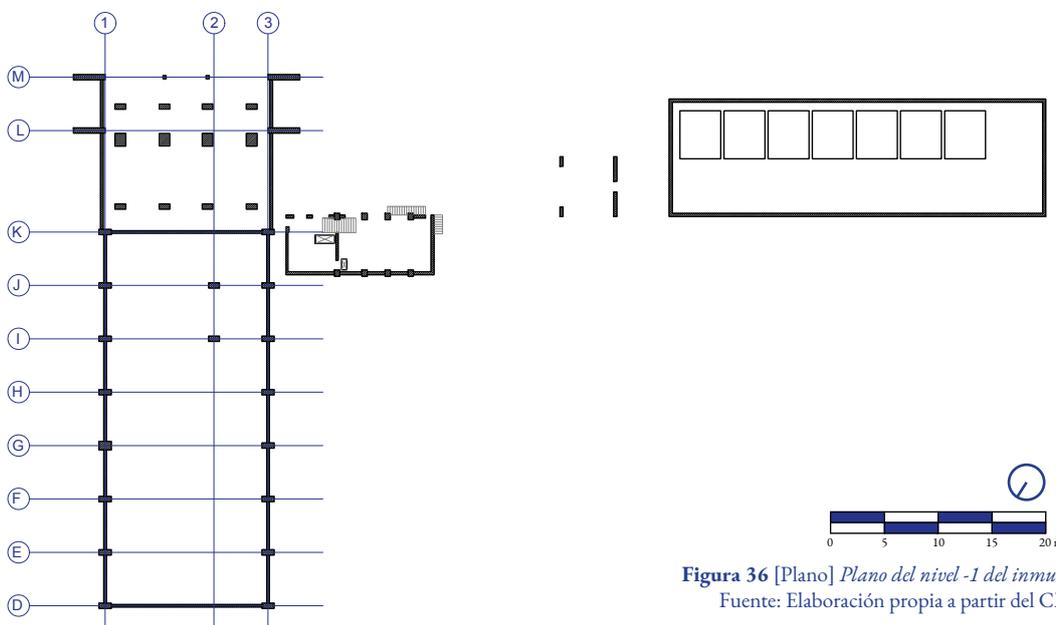
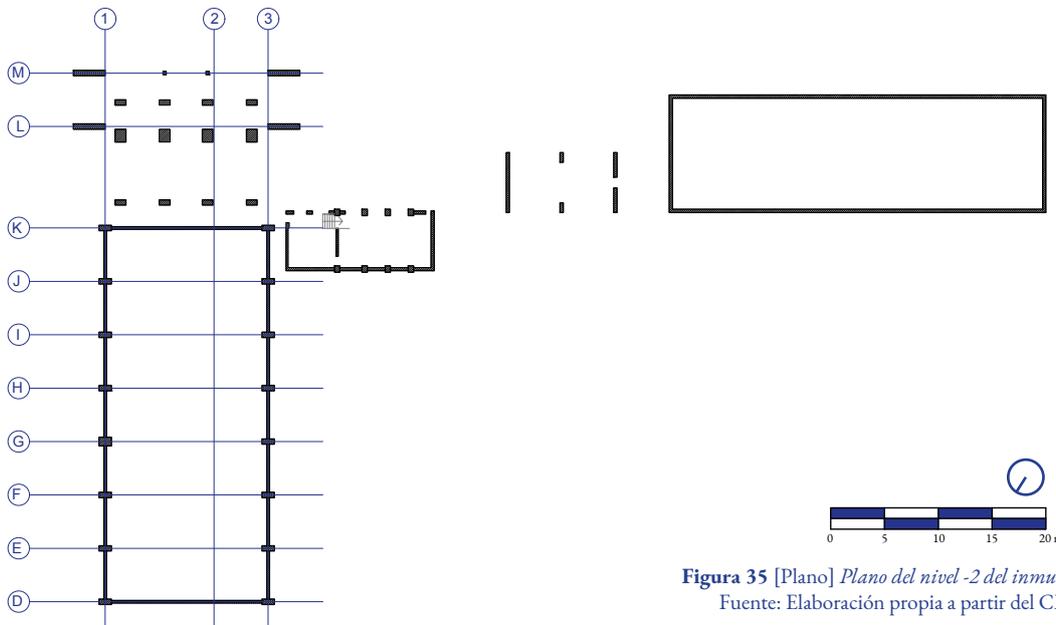
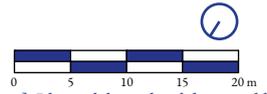
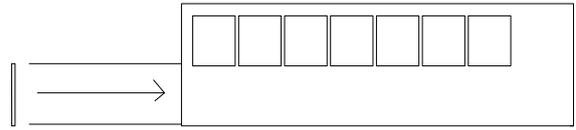
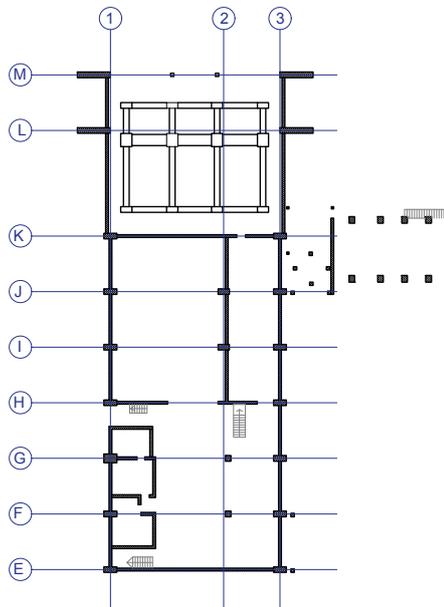


Figura 34 [Plano] Plano de área de protección del inmueble.  
Fuente: Elaboración propia a partir del Consejo de Monumentos Nacionales

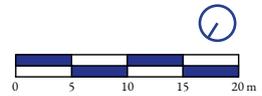
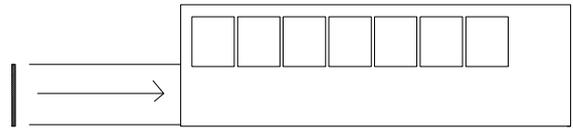
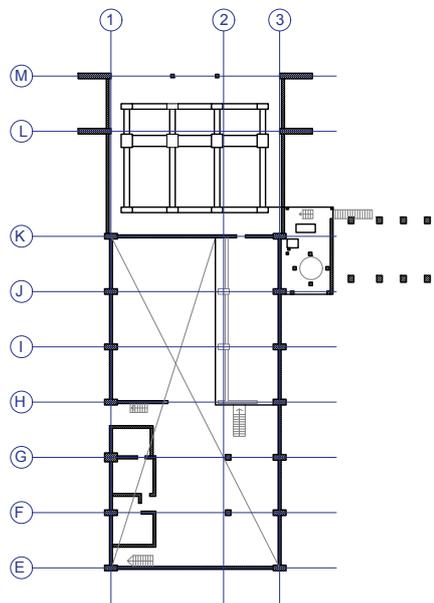
*Y los valores de este inmueble son de carácter histórico:*

- 1) La Planta Carbonífera de Pupunahue, financiada por la CORFO, es testimonio del esfuerzo estatal por reinventar y proyectar a largo plazo la industria Carbonífera de Chile, en el contexto de recambio de la matriz energética del país.*
- 2) Es testimonio de una voluntad de desarrollo impulsado desde el Estado, basado en una visión, pensamiento e inversión a largo plazo, en beneficio de todo el país y de las diferentes áreas geográficas.*
- 3) El Plan Pupunahue, diseñado como un plan piloto para probar la eficacia de la aplicación de nuevas tecnologías sobre la materia prima, específicamente la aplicación del procedimiento de origen alemán denominado Convertol, para el aprovechamiento de carbones livianos, es uno de los proyectos energéticos más ambiciosos de la época*
- 4) El conjunto es representativo, además, de la simbiosis entre el desarrollo del ferrocarril en la región y la industria minera, dado que la Estación de Máfil fue una parada estratégica del troncal y punto de carga de carbón de minas de diversos sectores de la comuna*
- 5) Su estratégico emplazamiento, elegido para albergar el proceso completo de extracción y procesamiento del mineral, desde la bocamina hasta su salida hacia el río, se enmarca en un territorio de importantes valores biológicos y culturales, remanentes de la selva Valdiviana, configurando un paisaje de relevancia natural e histórica, que es importante preservar.*
- 6) En términos arquitectónicos y constructivos, se erige como un hito dentro del paisaje, por su imponente volumen principal y sistema constructivo en hormigón armado.*

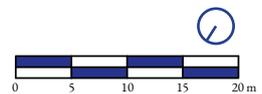
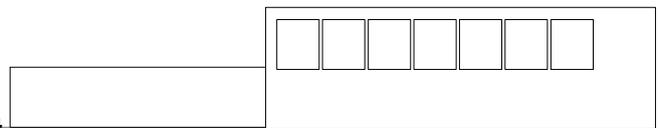
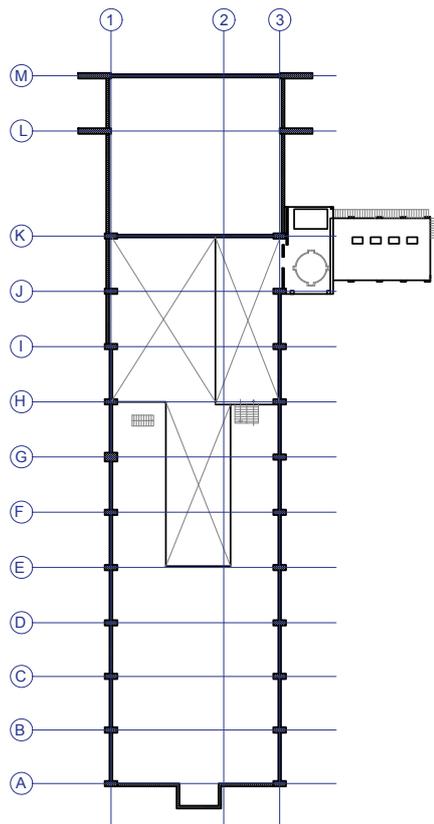




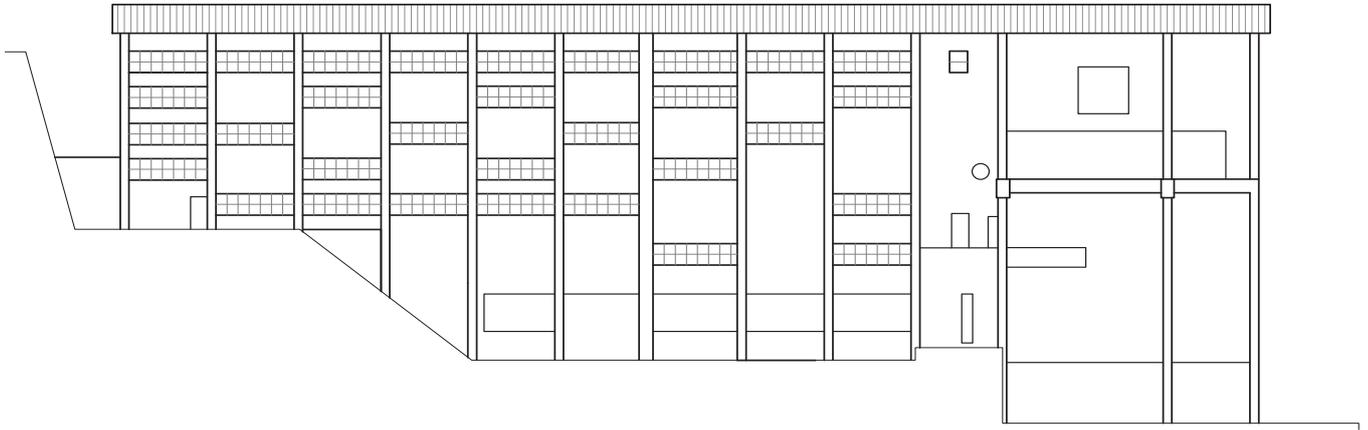
**Figura 38** [Plano] Plano del nivel 2 del inmueble.  
Fuente: Elaboración propia a partir del CMN



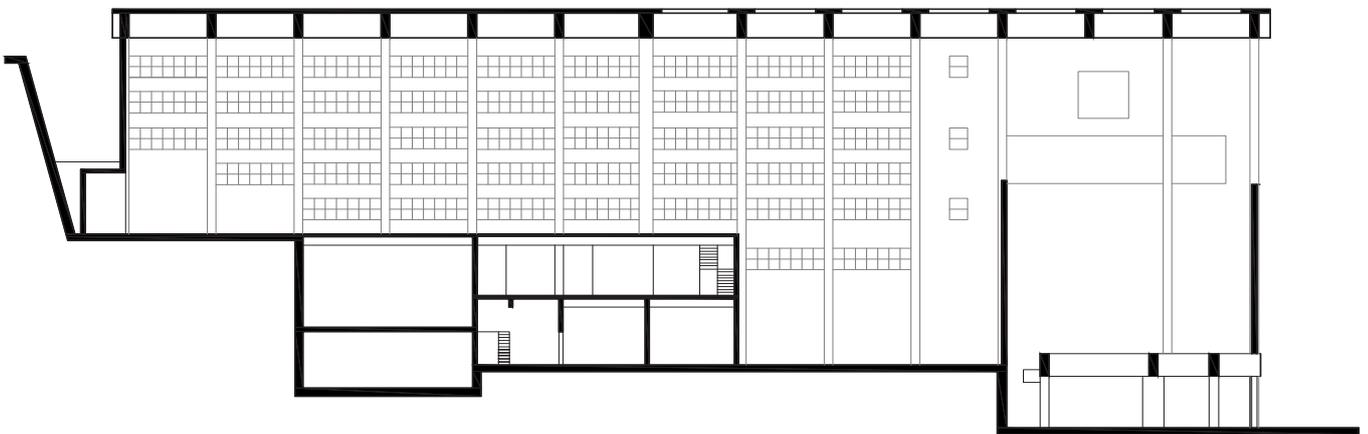
**Figura 39** [Plano] Plano del nivel 2 intermedio del inmueble.  
Fuente: Elaboración propia a partir del CMN



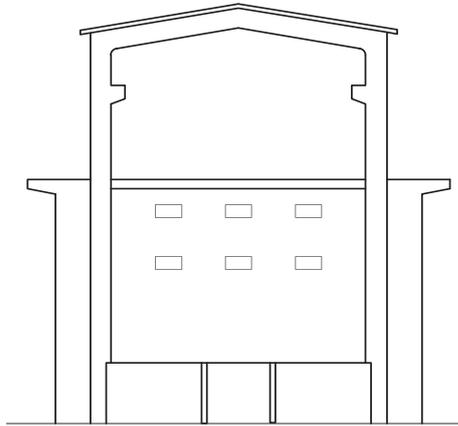
**Figura 40** [Plano] Plano del nivel 3 del inmueble.  
Fuente: Elaboración propia a partir del CMN



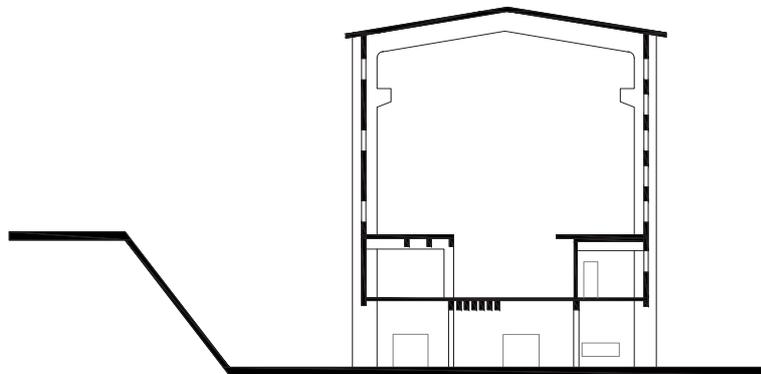
**Figura 41** [Plano] *Elevación surponiente del inmueble.*  
Fuente: Elaboración propia a partir del CMN



**Figura 42** [Plano] *Corte longitudinal del inmueble.*  
Fuente: Elaboración propia a partir del CMN



**Figura 43** [Plano] *Elevación suroriente del inmueble.*  
Fuente: Elaboración propia a partir del CMN



**Figura 44** [Plano] *Corte transversal del inmueble.*  
Fuente: Elaboración propia a partir del CMN

## Estado actual



**Figura 45** [Fotografía] *Inmueble lateral.*  
Fuente: Ministerio de Bienes Nacionales



**Figura 48** [Fotografía] *Torre de Agua.*  
Fuente: Ministerio de Bienes Nacionales



**Figura 46** [Fotografía] *Inmueble principal, fachada nororiental.*  
Fuente: Ministerio de Bienes Nacionales



**Figura 49** [Fotografía] *Detalle de los muros.*  
Fuente: Ministerio de Bienes Nacionales



**Figura 47** [Fotografía] *Vista del Río San Pedro.*  
Fuente: Ministerio de Bienes Nacionales



**Figura 49** [Fotografía] *Foto del interior.*  
Fuente: Ministerio de Bienes Nacionales



**Figura 50** [Fotografía] *Foto del interior desde el nivel 3.*  
Fuente: Ministerio de Bienes Nacionales



**Figura 51** [Fotografía] *Foto del interior desde el nivel 2.*  
Fuente: Ministerio de Bienes Nacionales

## Idea y justificación proyectual

La carbonífera de Pupunahue, aquella que en su visión presentaba como objetivos cambio e innovación, tiene la oportunidad de ser reutilizada siguiendo los planteamientos propuestos en la Política Energética 2050. La política plantea dos vertientes para poder aportar en el desarrollo sustentable, hacer una central eléctrica o aportar desde otra arista.

Aquí es donde surge la oportunidad de resignificar lo que alguna vez fue el inmueble, por lo que tomando su esencia y considerando la posición estratégica en la que se encuentra, éste da pie para realizar un centro de investigación de las energías. Ya que el crear una central eléctrica es volver a realizar lo que fue esta carbonífera y el objetivo es cambiar su connotación negativa a una positiva, aportando a la problemática actual del cambio climático.

El planteamiento de un centro de investigación se debe a que actualmente hay una falta de centros de investigación en temas energéticos. También la región de Los Ríos, que cuenta con una gran cantidad de recursos naturales, no posee ningún centro de investigación bajo el Estado. Por lo que, en esta búsqueda de aportar y descentralizar la energía sin generar daños medioambientales, es que el inmueble de Pupunahue es idóneo para este proyecto, ya que la política busca fomentar la investigación para poder posicionarse de buena manera en el marco internacional y se volvería a revalorizar este inmueble sin uso y en estado de abandono.

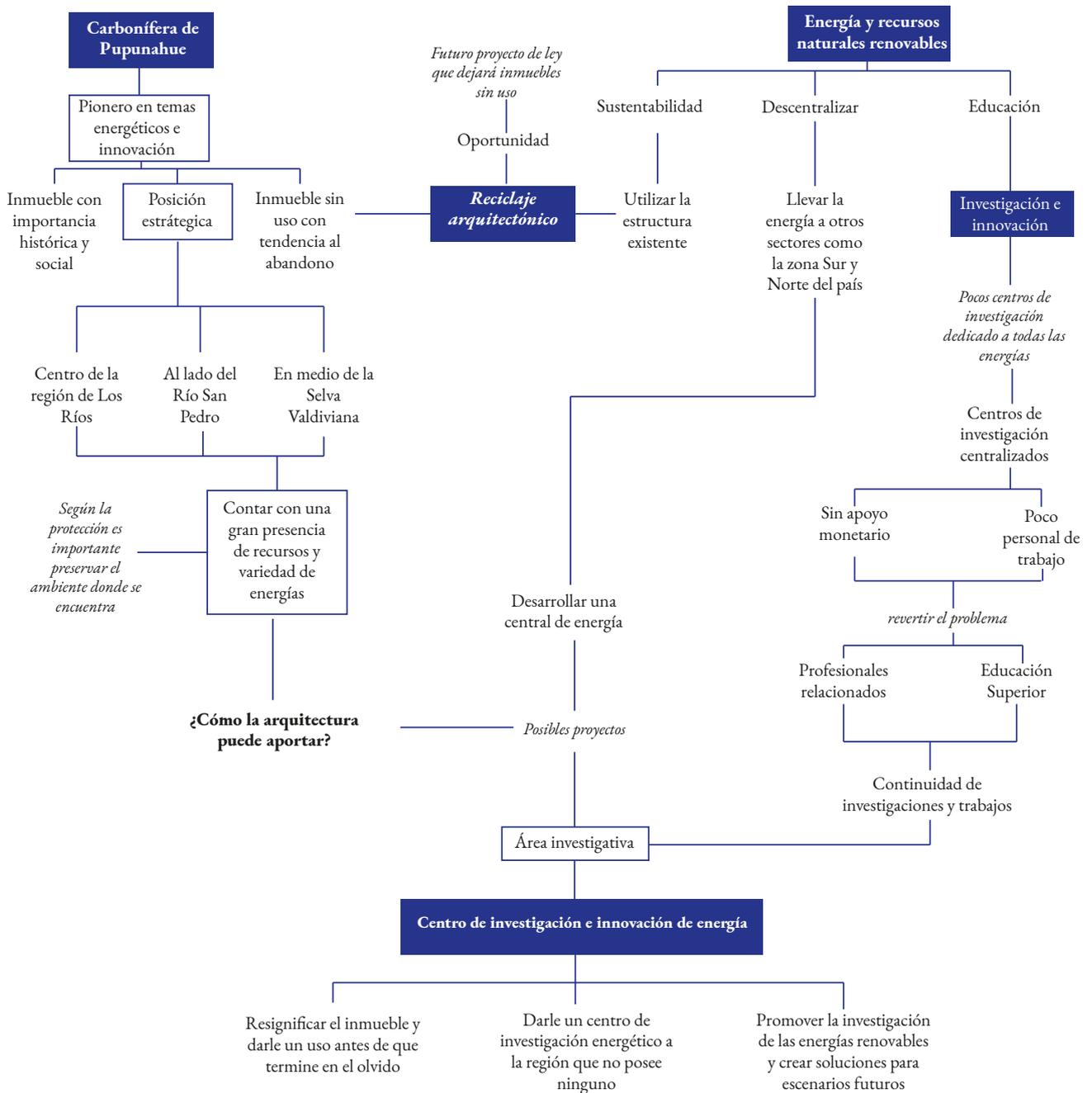


Figura 52 [Esquema] Resolución de problemática y propuesta proyectual.  
Fuente: Elaboración propia

# Centro de investigación de Energías

El centro de investigación tiene como finalidad resignificar lo que fue este inmueble, impactando positivamente a la comunidad regional y la comunidad científica de Chile, aportando desde la perspectiva de resolver los problemas energéticos actuales del país.

En este centro de investigación se busca reunir la mayor cantidad de áreas de estudios de energías, también tiene como propósito investigar en nuevas áreas de desarrollo energético sustentable.

Sumado a esto, en consideración del paisaje que presenta y la ubicación en la que se encuentra, este centro de investigación poseerá hospedaje para la gente que trabajará en él.

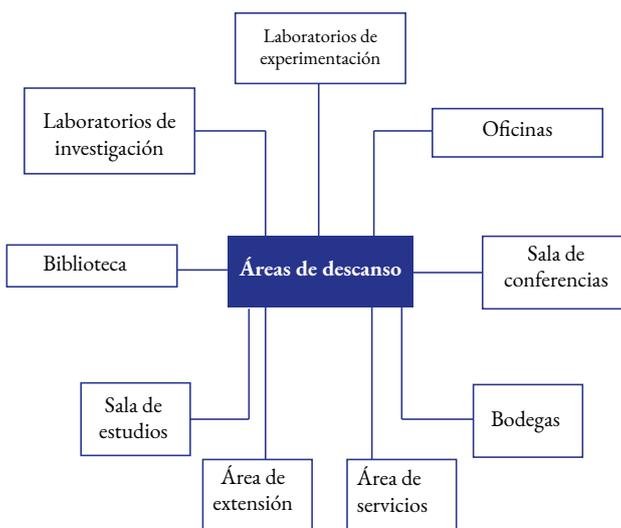
## Planteamiento de programas

Normalmente los centros de investigación son sectores de trabajo aislados o de un trabajo en equipos muy pequeños, donde los espacios que se priorizan son los laboratorios y las oficinas, aislando a las personas de las actividades sociales.

Considerando el modo de vida actual durante la pandemia, donde todos fueron aislados y cambiaron sus formas de interactuar en el plano social, es una oportunidad de entender que esta forma de vida no es la que debe llevarse al plano laboral. Entonces desde el área de la arquitectura hay que re-pensar estos espacios.

Finalmente, viendo el panorama actual, se busca a través de los programas propuestos que el foco principal sean los espacios sociales, tanto para el centro de investigación como para la residencia.

### Centro de investigación



### Residencia



Áreas que permitan la sociabilización para trabajo en conjunto

Generar un espacio conexión entre las dos propuesta

Un habitar compartido y social

Figura 53 [Esquema] Propuesta programática.  
Fuente: Elaboración propia

## Ideas, conceptos, estrategias y referentes

### CONTRASTE *entre lo nuevo y lo viejo*

El inmueble de Pupunahue ya posee una carga histórica como arquitectónica, por lo que una de las primera ideas centrales que ayudaran a definir las otras, es el contraste.

El contraste permite que el objetivo de resignificar este inmueble tenga más coherencia, ya que la nueva actividad que albergará la carbonífera es totalmente contraria a su programa original. Así que este contraste también se verá reflejado en su materialidad. En su origen, este inmueble es visto como una mole de hormigón que sobresale en el paisaje del río San Pedro, por lo que el nuevo inmueble será un volumen simple, de acero y vidrio, materiales más contemporáneos que harán presencia, esto ayudará a que sea sustentable y moderno, pero que cumpla de cierta manera el lenguaje interno que se encuentra presente. También se busca que éste genere la sensación de liviandad y translucidez, que se relacione con el entorno.

Este volumen simple se insertará a través de una grilla generada por los ejes arquitectónicos ya presentes, con la finalidad de que las intervenciones, que serán mínimas en el exterior, dialoguen con la pre-existencia.

Esta idea es similar a la usada por el Hotel The Singular de Pedro Kovicic, donde adhirieron un volumen simple a la obra pre-existente, conjugándose de manera armoniosa y con mesura, buscando dialogar con la obra del frigorífico.

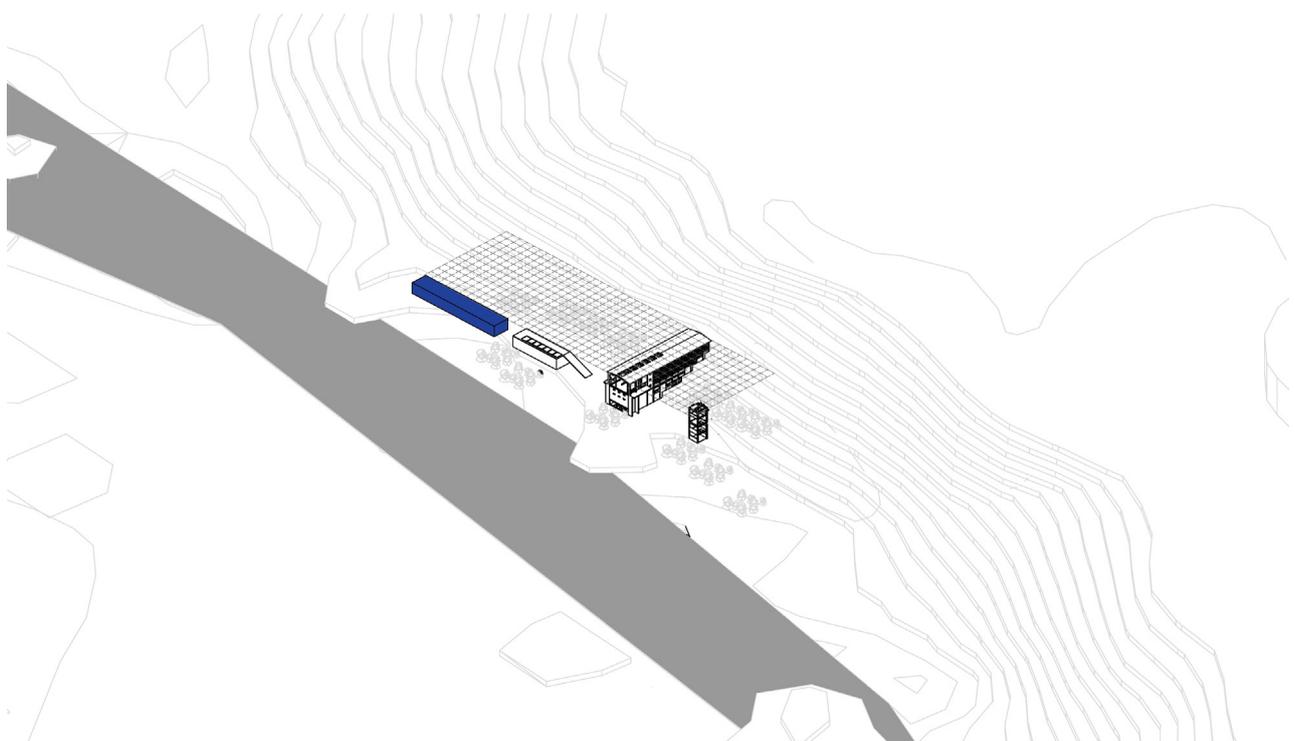


Figura 54 [Esquema] *Intervención dentro de la trama.*  
Fuente: Elaboración propia



**Figura 55** [Fotografía] *Hotel The Singular de Pedro Kovicic.*  
Fuente: Arquitectura Panamericana



**Figura 56** [Intervención fotográfica] *Bosquejo del volumen nuevo en contraste de los pre-existentes.*  
Fuente: Elaboración propia a partir de fotografía de CORFO

**PARÁSITO:** *lo nuevo dentro de lo viejo*

Llevando la idea del contraste desde otra perspectiva, nace la idea de que el interior del inmueble debe ser distinto para darle lugar a este centro de investigación. En un inicio se plantea la importancia de conservar ese vacío que posee, que hace que el interior se sienta liviano, por lo que se planteaban intervenciones de volúmenes que “flotaran”. Sin embargo, esto no poseía un orden de fondo.

Entonces se toma como referente la Biblioteca de Vasconcelos en México, diseñada por Alberto Kalach, donde deja un gran vacío central y toda la estructura de la biblioteca “flota” dentro de una especie de matriz que genera un suborden independiente.

Por lo que se toma el concepto de parásito de una estructura contrastante, independiente y liviana que se apodera del interior, para generar una experiencia nueva al entrar.

Esto a la vez sirve para darle un orden y jerarquía a la idea de los volúmenes que flotan dentro de la estructura, comenzando a dialogar también con el nuevo volumen creado y la arquitectura anterior. Este orden es generado por la trama ya existente en la arquitectura, generando luego un suborden que permite la creación de los volúmenes y su posicionamiento según la necesidad, creando un espacio permeable y diferente a la condición actual.



**Figura 57** [Fotografía] *La idea de las matryoshkas como figuras que poseen cosas nuevas en su interior.*  
Fuente: AA cultura



**Figura 58** [Fotografía] *Intervención de Do Ho Sub, mostrando lo liviano y la transparencia del interior.*  
Fuente: Jung Yeon Je



**Figura 59** [Intervención fotográfica] *Bosquejo inicial de la idea de volúmenes flotando.*  
Fuente: Elaboración propia a partir de Ministerio de Bienes Nacionales



Figura 60 [Fotografía] Interior de la Biblioteca de Vasconcelos de Alberto Kalach.  
Fuente: Plataforma Arquitectura

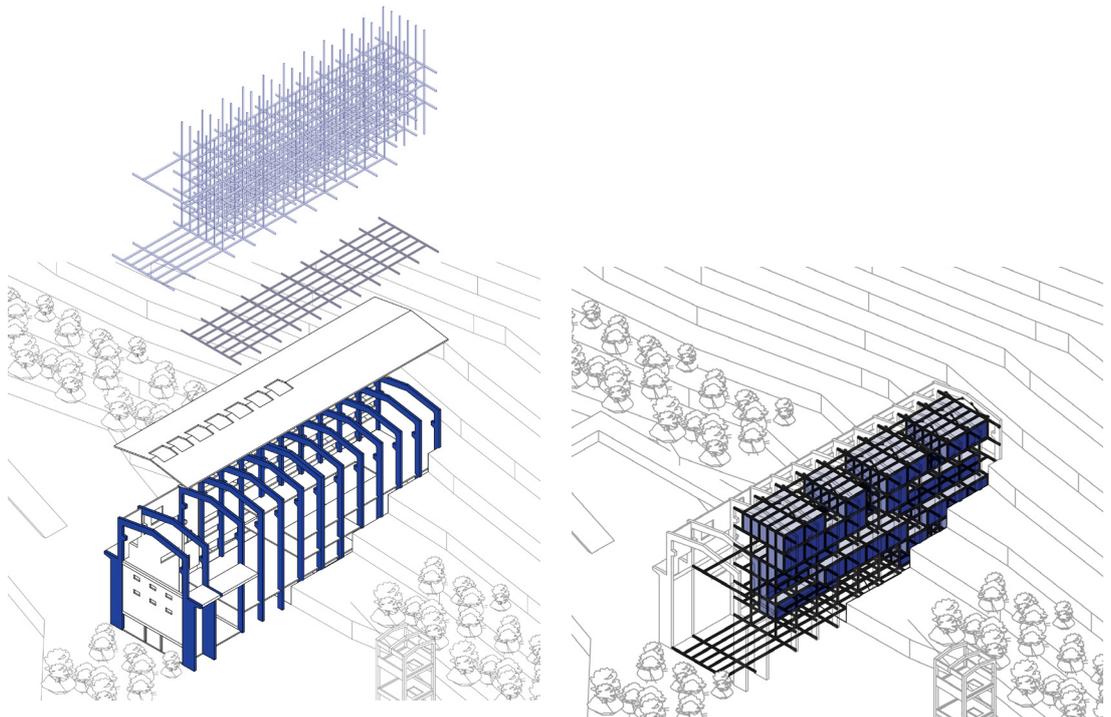


Figura61 [Esquemas] Esquema de la trama y los volúmenes que contendrá el inmueble principal.  
Fuente: Elaboración propia

## EL EXTERIOR EN INTERIOR

*un juego de llenos y vacíos*

Una de las últimas ideas que convive con las otras es la presencia del vacío, uno que ya existe desde su origen y se ha decidido conservar. Por lo que a partir de este vacío el “parásito” toma otro eje de orden para configurar de mejor manera el interior.

Este vacío se convertirá en el atrio o la antesala del paisaje presente, el río San Pedro, donde siempre se buscará conectar el paisaje y darle su importancia dentro de las intervenciones, donde todas las vistas serán hacia el río. Con esto, se conjuga de mejor manera el por qué los materiales de las intervenciones serán traslúcidos.

A su vez, este vacío sólo contendrá la intervención de la naturaleza presente en la selva valdiviana, reafirmando la condición actual de como la naturaleza se ha ido apoderando poco a poco de este inmueble. Es por eso que se lleva el exterior al interior del inmueble, dándole otra imagen totalmente contrastante por medio de una intervención totalmente controlada versus a algo más orgánico.

Como referente se encuentra el edificio Ford Foundation de Kevin Roche y Jhon Dinkeloo, quienes dejaron un gran vacío central en el inmueble, que sirve como atrio y a su vez genera espacios para áreas verdes en una ciudad que posee bastantes construcciones.

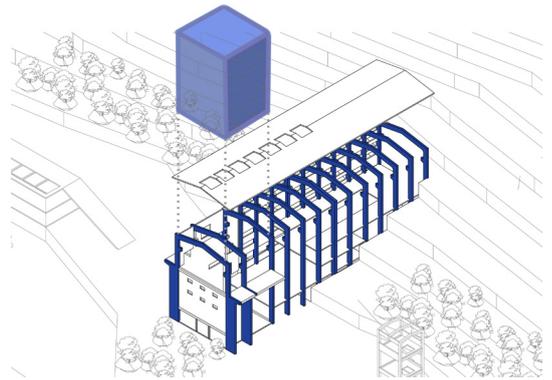


Figura 62 [Esquemas] *Esquema del vacío principal.*  
Fuente: Elaboración propia

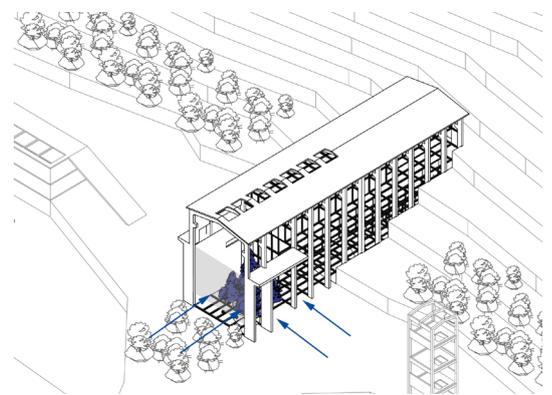


Figura 63 [Esquemas] *Esquema de ocupación del vacío con vegetación.*  
Fuente: Elaboración propia

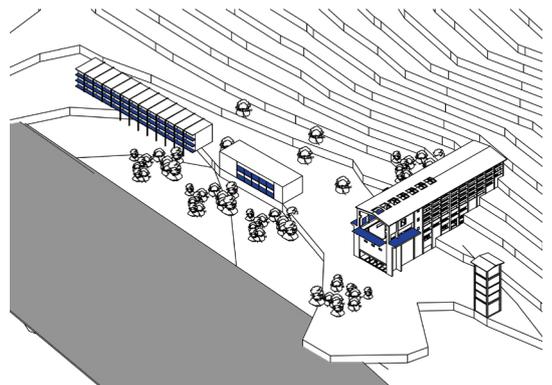


Figura 64 [Esquemas] *Esquema de aperturas y creación de vistas al río San Pedro.*  
Fuente: Elaboración propia



Figura 65 [Bosquejo] *Bosquejo de la vista al río San Pedro.*  
Fuente: Elaboración propia

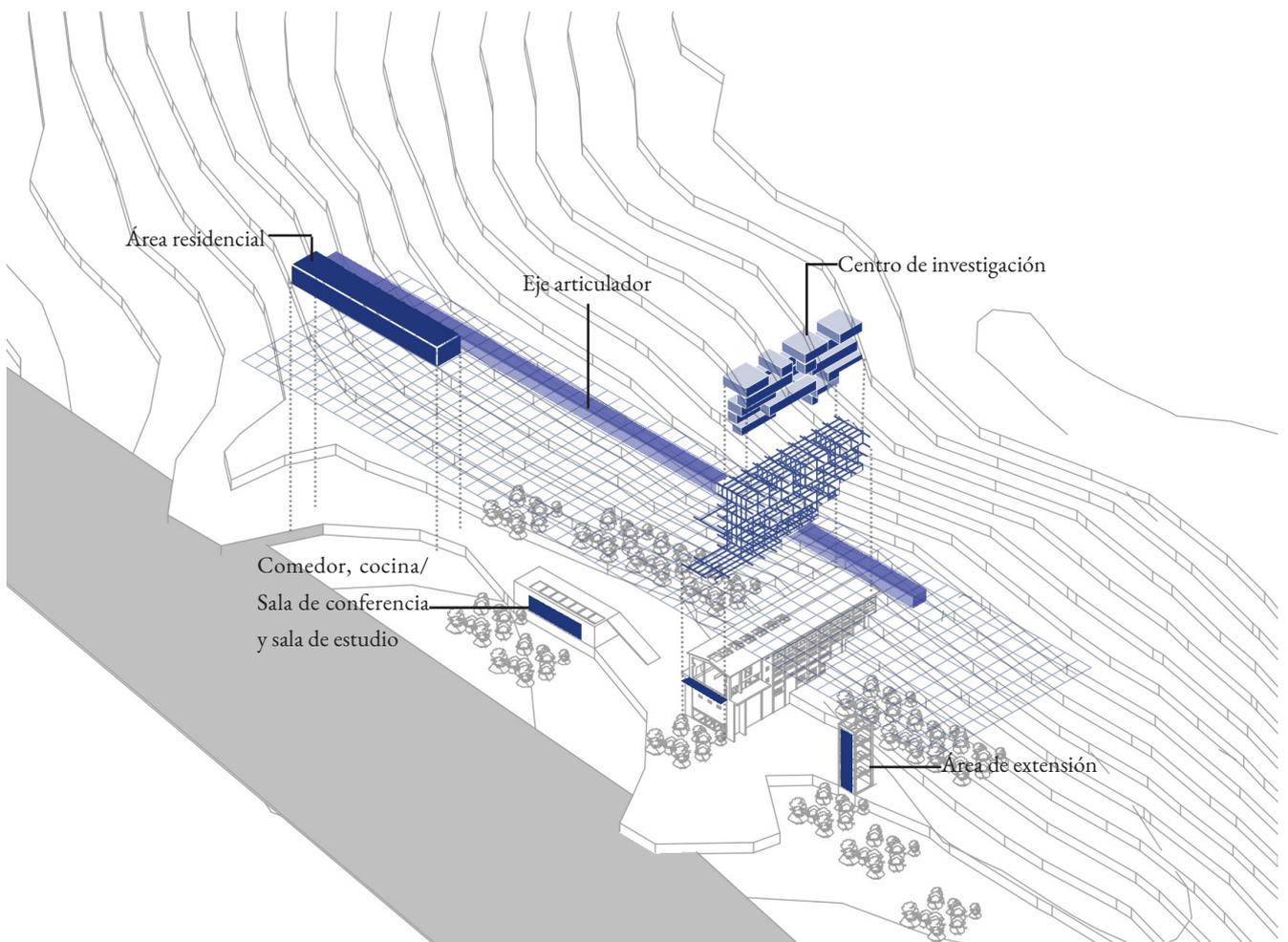


**Figura 66** [Fotografía] *Interior del edificio Ford Foundation.*  
Fuente: Metalocus

## Metraje de los programas propuestos

Los programas propuestos se disponen de tal manera que haya una degradés de espacios, es decir que el nuevo volumen representa un espacio totalmente privado, hasta llegar a la torre de agua que albergará un espacio totalmente público, creando un matiz entre todos los volúmenes.

Finalmente, en la tabla posterior se muestra un cálculo inicial de las áreas que debería ocupar cada recinto, pero esto se evaluará de mejor manera en la siguiente etapa. Pero a primeras luces, da como resultado un área mayor de lo que actualmente posee la carbonífera.



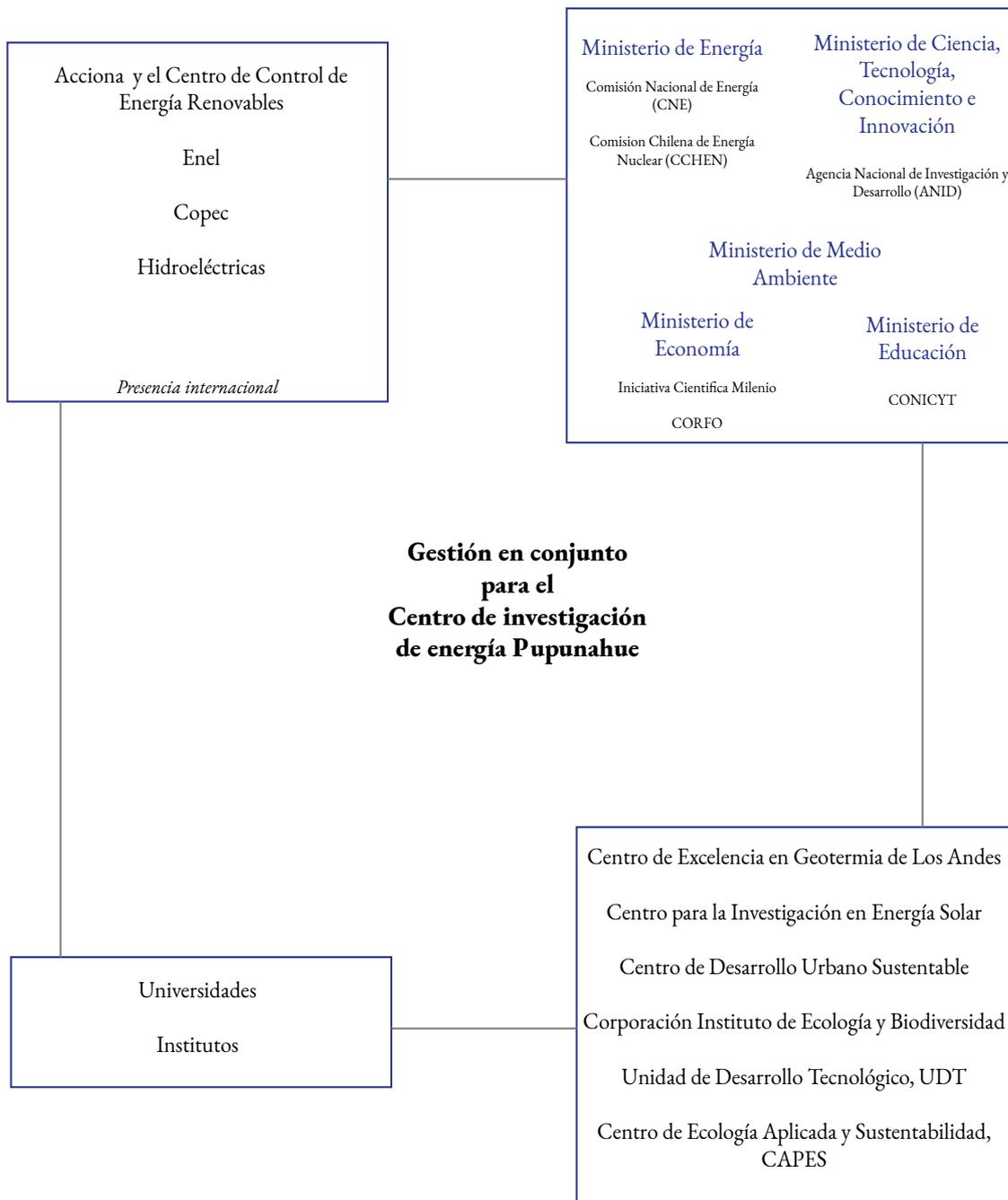
**Figura 67** [Esquema] *Disposición de los programas.*  
Fuente: Elaboración propia

<b>Centro de investigación e innovación</b>				
<b>Área</b>	<b>Uso</b>	<b>m2 por normativa</b>	<b>Personas</b>	<b>m2 finales</b>
<b>Energía Solar</b>	Laboratorio de investigación	5	5	25
	Biblioteca	5	5	25
	Laboratorio de experimentación	5	5	25
				<b>75</b>
<b>Energía geotérmica</b>	Laboratorio de investigación	5	10	50
	Biblioteca	5	10	50
	Laboratorio de experimentación	5	10	50
				<b>150</b>
<b>Energía Eólica</b>	Laboratorio de investigación	5	15	75
	Biblioteca	5	15	75
	Laboratorio de experimentación	5	15	75
				<b>225</b>
<b>Energía Hidráulica</b>	Laboratorio de investigación	5	15	75
	Biblioteca	5	15	75
	Laboratorio de experimentación	5	15	75
				<b>225</b>
<b>Energía Marcomotriz</b>	Laboratorio de investigación	5	15	75
	Biblioteca	5	15	75
	Laboratorio de experimentación	5	15	75
				<b>225</b>
<b>Nuevas energías</b>	Laboratorio de investigación	5	15	75
	Biblioteca	5	15	75
	Laboratorio de experimentación	5	15	75
				<b>225</b>
<b>Otros</b>	Baños	4,5	80	360
	Casino	1,5	90	135
	Sala de conferencia	0,8	80	64
	Área de descanso	1,5	80	120
	Área de extensión	3	50	150
	Bodegas			40
	Sala de estudio	1,5	80	120
	Oficinas	7	80	560
	Cocina	15	4	60
				<b>1609</b>
<b>Total</b>				<b>2734</b>
<b>Residencia</b>				
	Habitaciones + baño	18	40	720
	Área de recreación	1,5	40	60
	Bodegas			40
<b>Total</b>				<b>820</b>

Figura 68 [Tabla] *Metraje de los programas.*  
Fuente: Elaboración propia

# Propuesta inicial de actores

## Fomento desde el estado y el privado para el desarrollo



## Potencial intelectual y de desarrollo investigativo

Figura 69 [Esquema] *Idea de gestión.*  
Fuente: Elaboración propia

Una idea inicial de los actores que podrían estar involucrados en la gestión de este centro de investigación, es tomar en consideración las problemáticas actualmente existentes cuando es un área en específico quien lleva la gestión de los centros de investigación.

Por ende, en esta etapa del proceso, se evalúa que la mejor manera es que sea una gestión mixta, involucrando el área estatal, privada y académica

# Bibliografía

Carmona, A. (3 de octubre 2018). Peligro latente: el mapa de las termoelectricas en Chile. El Mostrador. <https://www.elmostrador.cl/noticias/pais/2018/10/03/peligro-latente-el-mapa-de-las-termoelectricas-en-chile/>

Carrere, M. (20 de Diciembre 2020). Las deudas ambientales de Chile en el 2020: se avanza en compromisos internacionales pero perduran las deudas históricas. El Mostrador: <https://www.elmostrador.cl/agenda-pais/2020/12/20/las-deudas-ambientales-de-chile-en-el-2020-se-avanza-en-compromisos-internacionales-pero-perduran-las-deudas-historicas/>

Céspedes, V. (2017). *Centro de investigación colectiva: parque tecnológico Laguna Carén*. [Memoria de título-Universidad de Chile]. Repositorio Uchile-Universidad de Chile.

CIESPE. (02 de Agosto 2015). ¿Para qué sirve un centro de investigación?. Medium: <https://medium.com/investigación-en-estudios-sociales-políticos-y/para-qué-sirve-un-centro-de-investigación-5d72fdf1bac1> 1/2

CMN. (2017). *Decreto 41 del 17.02.2017*. <https://www.monumentos.gob.cl/monumentos/monumentos-historicos/ruinas-carbonifera-pupunahue>

CNID. (2016). Lineamientos para una política nacional de centros de investigación. <https://www.cnid.cl/portfolio-items/lineamientos-para-una-politica-nacional-de-centros-de-investigacion/>

CONICYT. (2010). Región de Los Ríos, diagnóstico de las capacidades y oportunidades de desarrollo de la ciencia, la tecnología y la innovación. <https://www.conicyt.cl/wp-content/blogs.dir/21/files/2013/06/Los-Rios.pdf>

CONICYT (2012). *Centros de investigación CONICYT*. [https://www.conicyt.cl/fondap/files/2012/08/CENTROS\\_final\\_.pdf](https://www.conicyt.cl/fondap/files/2012/08/CENTROS_final_.pdf)

Contreras, P. Concha, R. Correa, M. Guerrero, I & Vergara, F (2016). *Relatos de paisaje y toponimia en el valle de los ríos San Pedro y Calle Calle*. Santiago: Ceibos ediciones.

Core (18 de Mayo 2020). Sobregiro ecológico: Chile agotó hoy sus recursos naturales renovables disponibles para 2020. El Desconcierto: <https://www.eldesconcierto.cl/bienes-comunes/2020/05/18/sobregiro-ecologico-chile-agoto-hoy-sus-recursos-naturales-renovables-disponibles-para-2020.html>

Endocal. (2014). *El lado sucio del carbón*. [www.nomascarbon.cl](http://www.nomascarbon.cl)

Junta de Castilla y León. (s/f). *Historia del Carbón*. <https://energia.jcyl.es/web/es/biblioteca/historia-carbon.html#:~:text=No%20se%20sabe%20muy%20bien,China%2C%20hace%20unos%202000%20a%C3%B1os.&text=Fue%20en%20la%20Inglaterra%20de,minas%20de%20Newcastle%20y%20Cardiff>

Martinić, M. (2015). *Historia del carbón en la reserva nacional de Magallanes*. Santiago: Maval SPA

Mina Invierno. (s/f). Formación del Carbón. <https://www.minainvierno.cl/formacion-del-carbon/>

Ministerio de Energía. (2013). *El carbón en Chile*. <https://www.aprendeconenergia.cl/el-carbon-como-fuente-energetica-en-chile/>

Ministerio de Energía (2016). *Política Energética Nacional 2050*. [https://energia.gob.cl/sites/default/files/energia\\_2050\\_-\\_politica\\_energetica\\_de\\_chile.pdf](https://energia.gob.cl/sites/default/files/energia_2050_-_politica_energetica_de_chile.pdf)

Pool, C. (s.f). Zonas de Sacrificio: El caso de Ventanas. Oceana. <https://chile.oceana.org/zonas-de-sacrificio-el-caso-de-ventanas>

Russi, D. (01 de Enero 2005). Deuda Ecológica. Revista El Ecologista: <https://www.ecologistasenaccion.org/14591/deuda-ecologica-2/>

## Complementarias

Acciona. (2020). Hoja de ruta del Acuerdo de París: próximos pasos. <https://www.sostenibilidad.com/cambio-climatico/hoja-ruta-acuerdo-paris-proximos-pasos/>

CMN. (2016). *Carbonífera Pupunahue se convertirá en Monumento Nacional*. <https://www.monumentos.gob.cl/prensa/noticias/carbonifera-pupunahue-convertira-monumento-nacional>

Díaz, A. (2020). Emisiones globales históricas de CO2 procedentes de la actividad industrial y los combustibles fósiles de 1751 a 2018. <https://es.statista.com/estadisticas/635382/emisiones-historcias-de-co2-globales/>

GE inaugura un nuevo centro de investigación en Alemania (28 de Junio 2004). Panorama: <https://www.energias-renovables.com/panorama/ge-inaugura-un-nuevo-centro-de-investigacion-2/3>

General Electric. (s/f). About us. <https://www.ge.com/renewableenergy/about-us>

Ministerio de energía (2019). *Estudio revela que el 73% del consumo energético de los hogares se destina a calefacción/climatización y agua caliente*. Rescatado de: <https://energia.gob.cl/noticias/nacional/estudio-revela-que-el-73-del-consumo-energetico-de-los-hogares-se-destina-calefaccionclimatizacion-y-agua-caliente#:~:text=El%20estudio%20revela%2C%20adem%C3%A1s%2C%20que,los%20espacios%2C%20entre%20otros%20usos>.

Minería Chilena (2012). *Carbón mantiene su sitial en Chile*. <https://www.mch.cl/reportajes/carbon-mantiene-su-sitial-en-chile/>

Ministerio de Energía. (2013). *Carbón en el mundo*. <https://www.aprendeconenergia.cl/el-carbon-como-fuente-energetica-en-el-mundo/>

Ministerio de Energía. (2013). *Carbón: orígenes y procesos*. <https://www.aprendeconenergia.cl/el-carbon-un-combustible-primitivo/>

Ministerio de Bienes Nacionales (s/f). Monumento histórico: Ruinas de Pupunahue. <http://patrimonio.bienes.cl/patrimonio/ruinas-de-pupunahue>

Profesor en línea. (2015). *El carbón en Chile*. <https://www.profesorenlinea.cl/Chilegeografia/CarbonChile.htm>

Research in Germany. (s/f). Research performing organisations. <https://www.research-in-germany.org/en/research-landscape/research-organisations.html>

Sahady, A., & Gallardo, F. (2002). En edificios de ayer, funciones de hoy. La vivienda: una constante histórica. INVI N° 45, 17(INVI), 69-81.

Villablanca, D., Alfaro, G., Quinzio, L. (2003). *Sedimentología de la cuenca carbonífera neógena de Pupunahue-Mulpún, X Región de Los Lagos, Chile*. [Congreso geológico chileno] Universidad de Concepción, Concepción.