

# ARTEFACTO BIOCLIMÁTICO CEAZA: CENTRO TECNOLÓGICO DE ESTUDIOS MEDIOAMBIENTALES

---

LA SERENA

Proyecto de Título – 2018  
Profesor Guía: Beatriz Maturana  
Autor: Mónica Contreras





Agradezco sinceramente a todas las personas que hicieron posible este trabajo, especialmente a mi profesora guía Beatriz Maturana por darme la oportunidad de trabajar con ella y por su dedicación constante, a la profesora Jeannette Roldán por su interés en seguir apoyándome en el proceso de título y a todos aquellos profesores que me brindaron parte de su valioso tiempo y conocimiento. A mi madre, a mi abuela y a mis tíos por su apoyo incondicional, confianza y paciencia infinita, a Reimundo por su compañía y apoyo y finalmente a mis compañeras de título Paulina Gonzáles y Marisol Muñoz por brindarme su ayuda y cariño

# ÍNDICE

## CAPÍTULO 1

1.1 Motivación.....	6
1.2 Introducción.....	8
1.3 Problemática.....	9

## CAPÍTULO 2

2.1 Estado del arte.....	14
2.1.1 Contaminación Ambiental.....	14
2.1.2 Calentamiento Global.....	16
2.1.3 La escasez de Agua en el Mundo.....	18
2.1.4 La escasez de Agua en Chile.....	21
2.1.5 Desertificación en Chile.....	24
2.2 Sustentabilidad.....	26
2.2.1 Agua sustentable.....	28
2.2.2 Estrategias sustentables .....	28
2.3 Investigación en Chile (I+D).....	29
2.4 Estudio de nueva tecnología.....	32
2.4.1 Captación de agua atmosférica por condensación.....	33
2.5 Integración de tecnologías en la arquitectura...38	
2.5.1 El edificio como artefacto bioclimático.....	39

## CAPÍTULO 3

3.1 CEAZA, Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas.....	42
3.2 Estudio de campo.....	44
3.3 Lugar y terreno.....	46
3.3.1 Criterios de localización.....	46
3.3.2 Ubicación del terreno.....	49

## CAPÍTULO 4

4.1 Objetivos.....	52
4.1.1 General.....	52
4.1.2 Específicos.....	52
4.2 Propuesta urbana.....	53
4.2.1 Vialidad.....	53
4.2.2 Espacios públicos.....	53
4.2.3 Visual y paisajística.....	54
4.3 Partido general.....	55
4.3.1 consideraciones tecnológicas y bioclimáticas.....	55
4.4 Propuesta programática.....	58
4.4.1 Programa público.....	58
4.4.2 Programa privado.....	59
4.5 Propuesta estructural y material.....	60
4.5.1 Cubierta.....	60
4.5.2 Edificio.....	62
4.5.3 Chimeneas de condensación.....	64
4.5.4 Invernaderos.....	65
4.6 Integración de tecnologías sustentables.....	66
4.6.1 Agua sustentable.....	68
4.6.2 Cero carbono.....	75
4.6.3 Cero basura.....	78
4.6.4 Transporte sustentable.....	79
4.6.5 Materiales sustentables.....	79
4.6.6 Uso de suelo y biodiversidad.....	80
4.6.7 Cultura y patrimonio.....	80
4.6.8 Equidad y economía local.....	80
4.6.9 Salud y bienestar.....	81
4.7 Consideraciones normativas.....	82
4.7.1 Diseño de espacios.....	82
4.7.2 Accesibilidad en circulaciones.....	84
4.7.3 Condiciones generales de seguridad.....	85

## CAPÍTULO 5

5.1 Planimetría.....	88
----------------------	----

## BIBLIOGRAFÍA...96



# CAPÍTULO 1

---

## Presentación

# 1.1 MOTIVACIÓN

El concepto de sustentabilidad nace de la necesidad de estudiar y delimitar el impacto que tienen las actividades humanas sobre el medio ambiente, las cuales han afectado a lo largo de los años a todo el planeta, generando consecuencias cada vez más graves y evidentes. Estos desequilibrios han ido mermado las opciones de una vida prospera en un futuro ya no muy lejano, por lo que resulta necesario pasar a un desarrollo donde se vinculen estrechamente los pilares económicos, sociales y ambientales, con el fin de avanzar simultáneamente de modo cooperativo sin impactar negativamente el entorno.

Basados en estos tres pilares, se han creado una serie de herramientas que funcionan como indicadores y guías que permiten tener una mejor aproximación a un desarrollo sustentable, a través de la clasificación de una serie de variables o puntos relevantes dentro de este marco. Uno de los puntos considerados entre estos indicadores es el agua.

El *agua* es uno de los recursos naturales esenciales para la vida y el desarrollo de todos los procesos biológicos y productivos, ligándola directamente al progreso de las sociedades y países. Es uno de los componentes esenciales que requieren los seres vivos para satisfacer sus

necesidades, por lo que resulta indispensable tener accesibilidad a ella de forma constante. Actualmente el mundo se ve enfrentado a un presente complicado por la escasez de agua que se observa en muchas partes del planeta y a un futuro aún más complejo por la idea de una gran crisis hídrica que amenaza todo nuestro entorno. La desertificación, definida como “la pérdida de la capacidad productiva del suelo en zonas áridas”,<sup>1</sup> es una de las consecuencias generada principalmente por factores de origen climático y de actividades antropogénicas tales como la deforestación, el sobrepastoreo, la expansión de áreas agrícolas y la sobreexplotación de la vegetación para uso doméstico.<sup>2</sup> Esta amenaza silenciosa resulta peligrosa para la subsistencia de todo ser vivo debido a que la degradación de las tierras no solo repercute en la producción agrícola y ganadera, sino que acaba con toda forma de vida, matando ecosistemas completos.

En Chile, la desertificación avanza lentamente hacia el sur, llegando actualmente hasta el Biobío y sigue avanzando.<sup>3</sup> Si esta situación no es

---

<sup>1</sup> Schoijet, Mauricio. (2005). “Desertificación y tormentas de arena”. *Región y sociedad*, 17(32), 167-187.

<sup>2</sup> Granados-Sánchez, Diódoro, Hernández-García, Miguel Á., Vázquez-Alarcón, Antonio, & Ruíz-Puga, Pablo. (2013). “Los procesos de desertificación y las regiones áridas”. *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente*, 19(1), 45-66.

<sup>3</sup> Unidad de Diagnóstico parlamentario (2012). “La desertificación en Chile”. Departamento de evaluación de la ley. Cámara de Diputados, Chile

frenada, una gran parte del país se convertirá en desierto infértil sin capacidad de sostener la vida.

El concepto de sustentabilidad ha ido tomando peso en todo el mundo, la conciencia y el respeto por el medioambiente se busca en todas las dimensiones de la vida y el desarrollo humano.

Hoy en día entendemos que la construcción de los asentamientos humanos requieren de la intervención de un conjunto de disciplinas, esto debido a la gran complejidad propia de un hábitat, el cual es conformado por la interacción entre seres vivos y su entorno a través de una serie de procesos y relaciones, formando una enrevesada red. Durante años, muchas de estas disciplinas se han desarrollado separadamente del resto, causando una serie de dificultades al momento de relacionarse e integrarse en el todo. Es por esto que el trabajo debe realizarse desde un comienzo en conjunto y de forma cooperativa entre sí, llegando a lo que se conoce como trabajo multidisciplinario. La arquitectura, como disciplina encargada de diseñar y construir el ecosistema urbano, es responsable por todos los procesos que se realizan, tanto dentro como fuera de las edificaciones, y la formación de sus profesionales. A diferencia de otras disciplinas más especializadas, contempla desde lo técnico hasta lo perceptivo, permitiendo una visión más amplia de todos los componentes que conforman el hábitat humano. Esto proporciona las herramientas necesarias para que la arquitectura sea la disciplina articuladora entre las

demás involucradas.

La rama de la arquitectura que se relaciona directamente con la sustentabilidad es la bioclimática, pero aún muchas de las tecnologías dedicadas al respeto del medio ambiente siguen siendo artefactos adheridos a las construcciones, por lo que la integración de estos sigue siendo un desafío para los arquitectos.

## 1.2 INTRODUCCIÓN

Durante las últimas décadas la población ha sido testigo de diversas crisis medioambientales que han obligado a modificar su comportamiento hacia la naturaleza y sus recursos. La constante contaminación de los ecosistemas y la sobreexplotación de los recursos naturales han modificado el equilibrio del planeta, acentuando de forma crítica el efecto invernadero y aumentando la temperatura de la tierra, llegando a lo que hoy se conoce como Calentamiento Global. Debido a esto, el clima mundial se ha visto afectado, modificando todo el funcionamiento natural actualmente conocido.

Reconociendo la serie de problemáticas antes mencionadas, se busca establecer un nuevo equilibrio entre los requerimientos del ser humano y el medio en el que habita, tanto urbano como natural, comprendiendo que los ecosistemas requieren de tiempo para regenerar sus recursos. Los recursos naturales se definen como bienes materiales y servicios que entrega la naturaleza y que son imprescindibles para la humanidad por conformar la base de su desarrollo y su existencia, lo cual indica la importancia de establecer una conciencia y una cultura de cuidado hacia ellos.

El agua es uno de los recursos naturales más importante del planeta,

esencial para la vida y para el desarrollo de una gran parte de las actividades humanas. Aproximadamente el 97% del agua del planeta es agua salada, conformando los mares y océanos, mientras que el otro 3% del agua total es dulce, donde un poco más de dos tercios se encuentre congelada en glaciares, casquetes polares y altas montañas, dejando menos de un 1% repartida en ríos superficiales, napas subterráneas y lagos, siendo estas últimas las principales fuentes de abastecimiento para el uso humano y animal.<sup>4</sup> Si bien el agua es un recurso renovable por su carácter cíclico en la naturaleza, el uso indiscriminado, la alta contaminación y el cambio climático afectan directamente al ciclo del agua, impidiendo que ésta se renueve normalmente, provocando una disminución notable en la disponibilidad de agua dulce. Esto nos indica lo escaso que resulta ser el recurso hídrico y establece la importancia de un uso consiente y responsable.

La desertificación es una de las consecuencias generadas por el cambio climático y la falta de agua, además del mal uso por parte del ser humano. Esta describe la pérdida de productividad de los suelos en zonas áridas, semiáridas y subhúmedas, las cuales son tierras fértiles, principalmente para el cultivo.

---

<sup>4</sup> Nieto, Nubia. (2011). La gestión del agua: tensiones globales y latinoamericanas. *Política y cultura*, (36), 157-176.

Es importante destacar que las zonas secas no son necesariamente desiertos. A diferencia de lo que mucha gente piensa, las tierras secas pueden ser áreas fértiles capaces de sostener los hábitats, cultivos y ganado, ofreciendo oportunidades a las poblaciones locales y beneficios tangibles a nivel regional y mundial si son correctamente administradas. Actualmente, estas zonas mantienen a cerca de un tercio de la humanidad, quienes se ven directamente afectados por los problemas que ocasiona la desertificación.<sup>5</sup>

---

<sup>5</sup> Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (CNULD). Manual Informativo. En cooperación con PNUMA, GRID- Arendal y Zoi Environment Network

## 1.3 PROBLEMÁTICA

Una de las consecuencias del cambio climático y la falta de agua, además del mal uso del suelo por parte del ser humano, es la desertificación, proceso mediante el cual la tierra se vuelve infértil e incapaz de sostener vida. Este proceso de degradación del suelo se observa de forma más evidente en ecosistemas áridos debido a su fragilidad, ya que poseen las condiciones mínimas para sostenerse y cualquier déficit por pequeño que sea resulta perjudicial para el delicado equilibrio en el que se encuentra. En el mundo, más de 6.100 millones de hectáreas son zonas áridas y semiáridas, el 40% de la superficie terrestre son tierras secas y se estima que el 70% de los suelos secos productivos están siendo amenazados por varias formas de desertificación, afectando directamente a la sexta parte de la población mundial, es decir, aproximadamente 1.250 millones de personas.<sup>6</sup>

En Chile, la desertificación afecta actualmente a una superficie aproximada del 76% del territorio nacional, afectando, en distinto grado, a más de dos tercios de la población.<sup>7</sup>

---

<sup>6</sup> Organización de las Naciones Unidas, ONU. Programa 21, Capítulo 12 "Ordenación de los ecosistemas frágiles: lucha contra la desertificación y la sequía".

<sup>7</sup> Emanuelli, Patricio, Ingeniero forestal. "Cambio climático: El avance del desierto". Entrevista para Reportajes T13 por Marcelo Lagos. 3 de Abril 2017

Según datos entregados por la Unidad de Diagnóstico Parlamentario, la producción agrícola disminuyó en un 32% en menos de una década (1998-2005), provocando un alto porcentaje de migración campo - ciudad en zonas afectadas y generando pérdidas anuales de aproximadamente 120 millones de dólares en el PIB por cada 1% de pérdida en la capacidad productiva de los suelos. Además, existe daño a la biodiversidad de los ecosistemas, afectando a 11 de las 12 eco-regiones de Chile, las cuales tienen problemas de conservación del patrimonio biológico.<sup>8</sup>

Según estudios de CONAMA, alrededor de 826 especies de plantas y animales con alto valor económico o patrimonial se encuentran bajo amenaza. Esto se debe a problemas de sobreexplotación del suelo, extracción de especies, fragmentación de ecosistemas e introducción de especies exóticas invasivas, entre otros.<sup>9</sup>

La zona más afectada por la desertificación es la cuarta región de Coquimbo con un 84% de sus tierras erosionadas y donde los niveles de degradación de sus tierras alcanzan el nivel grave.<sup>10</sup> Esta fue deforestada intensamente para proveer de combustible a la minería a fines del siglo

---

<sup>8</sup>Rodríguez Ormazábal, Carlos, Henríquez Ayala, Maryan (2012) "La desertificación en Chile". Unidad de Diagnóstico Parlamentario, Departamento de Evaluación de la Ley. Cámara de Diputados, Chile.

<sup>9</sup>Comisión Nacional del Medio Ambiente, CONAMA, 2009, Cuarto informe sobre biodiversidad en Chile, 137 pp.

<sup>10</sup>Marcelo Lagos, Geógrafo (2017). "Cambio climático: El avance del desierto". Reportajes T13. 3 de Abril 2017

XIX y principios del XX. Posteriormente la capa vegetal terminó de agotarse debido a la gran actividad cerealera y ganadera. Además, la baja significativa en los niveles pluviométricos experimentados durante el siglo XX e inicios del XXI han provocado un desgaste mayor que en el resto del país.<sup>11</sup> Los sectores productivos más afectados son la agricultura y la ganadería, provocando que Coquimbo pierda más de 31 mil millones de pesos cada año debido a la erosión.<sup>12</sup> Según datos de la CEPAL, la pérdida de producción y rendimiento agrícola de la zona descendió aproximadamente un 48%.

Uno de los factores principales para lograr un desarrollo sustentable es la investigación científica, la cual amplía el conocimiento con el fin de aplicarlo dentro de los distintos sectores, aportando al crecimiento tanto del país como sus habitantes, a través de las nuevas tecnologías y la educación.

En Chile, existen agrupaciones de científicos dedicados a la investigación de todos estos fenómenos con el fin de establecer sus causas y consecuencias y con ello proponer soluciones tecnológicas que permitan disminuir los impactos negativos que traen consigo.

---

<sup>11</sup>Rodríguez Ormazábal, Carlos, Henríquez Ayala, Maryan (2012) "La desertificación en Chile". Unidad de Diagnóstico Parlamentario, Departamento de Evaluación de la Ley. Cámara de Diputados, Chile.

<sup>12</sup>Marcelo Lagos, Geógrafo (2017). "Cambio climático: El avance del desierto". Reportajes T13. 3 de Abril 2017

Un gran obstáculo común al que se enfrentan es la escasa infraestructura disponible para realizar las investigaciones de forma adecuada y satisfactoria.

Según la VI Encuesta de Gasto y Personal en I+D (Investigación y Desarrollo) entregada por el Ministerio de Economía, Chile invirtió el 0.39% del PIB durante el 2015, ubicándose en la última posición de un ranking compuesto por 35 países realizado por la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE). Actualmente, Chile busca incentivar la inversión en I+D entendiendo su importancia para el crecimiento del país y demostrando un interés hacia sus profesionales.<sup>13</sup>

El término Investigación y Desarrollo (I+D) hace referencia a la investigación de ciencias aplicadas o ciencias básicas con el propósito de desarrollar ciertas áreas de interés como la ingeniería, entendiendo que ambos términos están íntimamente relacionados de manera proporcional, donde mientras más investigación e innovación genere un país, mayor será su desarrollo. La I+D abarca todas las actividades metódicas y sistemáticas sobre una base de métodos científicos con el cometido de adquirir más conocimientos reales.<sup>14</sup>

---

<sup>13</sup> Instituto Nacional de Estadísticas, INE (2017). VI Encuesta Nacional sobre Gasto y Personal en I+D. Ministerio de Economía, Fomento y Turismo, Gobierno de Chile.

<sup>14</sup> Schröder, Hans-Horst (1973). *Zum Problem einer Produktionsfunktion für Forschung und Entwicklung* (S. 29-30)

*“La infraestructura científica es clave para sostener las capacidades de I+D de los países. Es la base para adquirir nuevas ventajas competitivas y avanzar hacia una productividad basada en la innovación. Lamentablemente, en Chile hay un déficit en infraestructura y equipamiento para el desarrollo de las ciencias experimentales.”<sup>15</sup>*

La Universidad de Chile es una de las entidades que mantienen áreas de investigación, promoviendo el conocimiento y su expansión, aportando no solo a la formación de profesionales sino que también al desarrollo del país y su inserción global con la misión de articular la investigación, innovación y creación artística que se realiza en las unidades académicas de la Universidad.<sup>16</sup> Como estudiante de esta escuela resulta importante apoyar el desarrollo científico desde el área de la Arquitectura, ofreciendo un proyecto de infraestructura dedicado a la investigación y difusión del conocimiento.

---

<sup>15</sup> Jiménez-Montecinos, Alejandro (2016). Infraestructura científica-tecnológica en Chile: propuestas y desafíos. Facultad de Economía y Negocios, UAH.

<sup>16</sup> Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo, VID (2017). <http://www.uchile.cl/portal/investigacion/5077/presentacion>. Consultado el 108 de noviembre, 2017



# CAPÍTULO 2

---

## Marco Teórico

## 2.1 ESTADO DEL ARTE

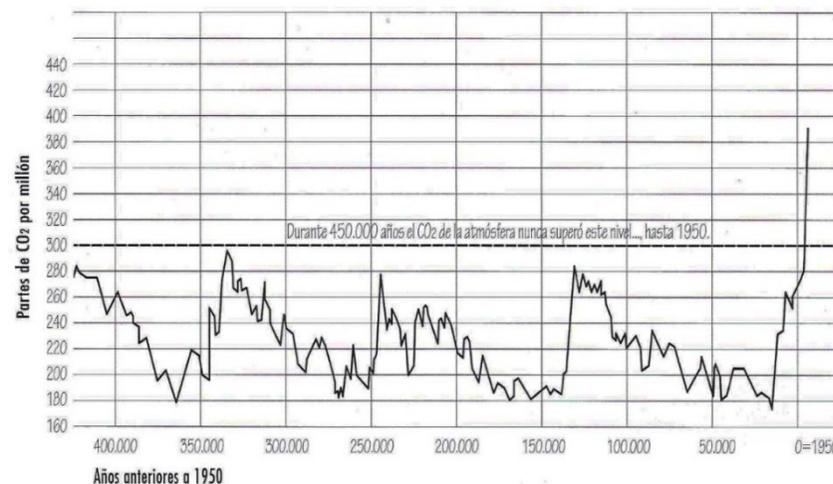
Desde la revolución industrial, los avances tecnológicos son notables y su crecimiento exponencial, provocando un cambio en el modelo de desarrollo y, por consiguiente, como enfrentamos el mundo. La creciente explotación de recursos naturales y energéticos para mantener el estilo de vida ha generado una serie de desequilibrios en el entorno, cambiando el funcionamiento normal de los ecosistemas naturales.

### 2.1.1 CONTAMINACIÓN AMBIENTAL

La contaminación se define como la introducción de sustancias, ya sean químicas, físicas o energéticas, en un medio, alterando nocivamente sus condiciones normales, volviéndolo inseguro o poco apto para su uso.<sup>17</sup> Existen muchos tipos de elementos contaminantes, algunos han estado presentes desde el comienzo del planeta y son indispensables para la vida, pero en cantidades extremadamente elevadas causan desequilibrios serios como sucede con el CO<sub>2</sub>, mientras que por otro

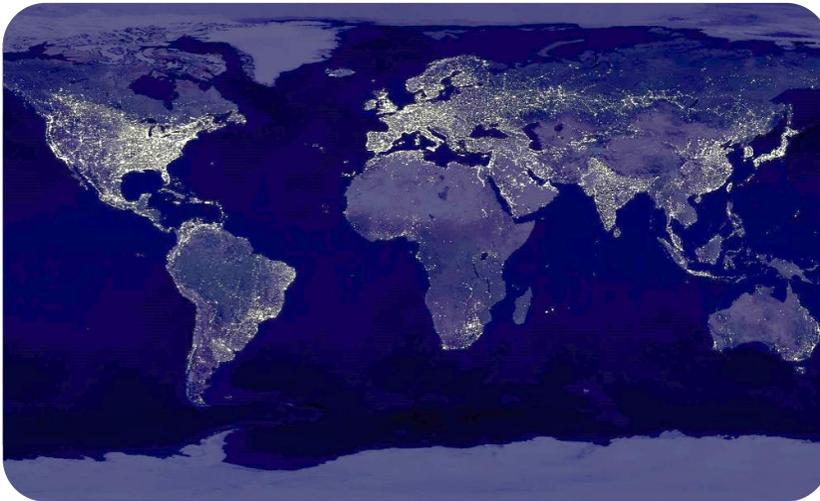
<sup>17</sup> Pollution - Definition from the Merriam-Webster Online Dictionary (2010). Merriam-webster.com. Consultado el 26 de agosto de 2017.

### CONCENTRACIONES DE CO<sub>2</sub> EN LA ATMÓSFERA



Fuente: National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), Estados Unidos (2014)

## VISTA NOCTURNA DEL MUNDO DESDE EL ESPACIO



Fuente: Observatorio.info. Una imagen diaria del universo. La tierra de noche. NASA. Diciembre 2016

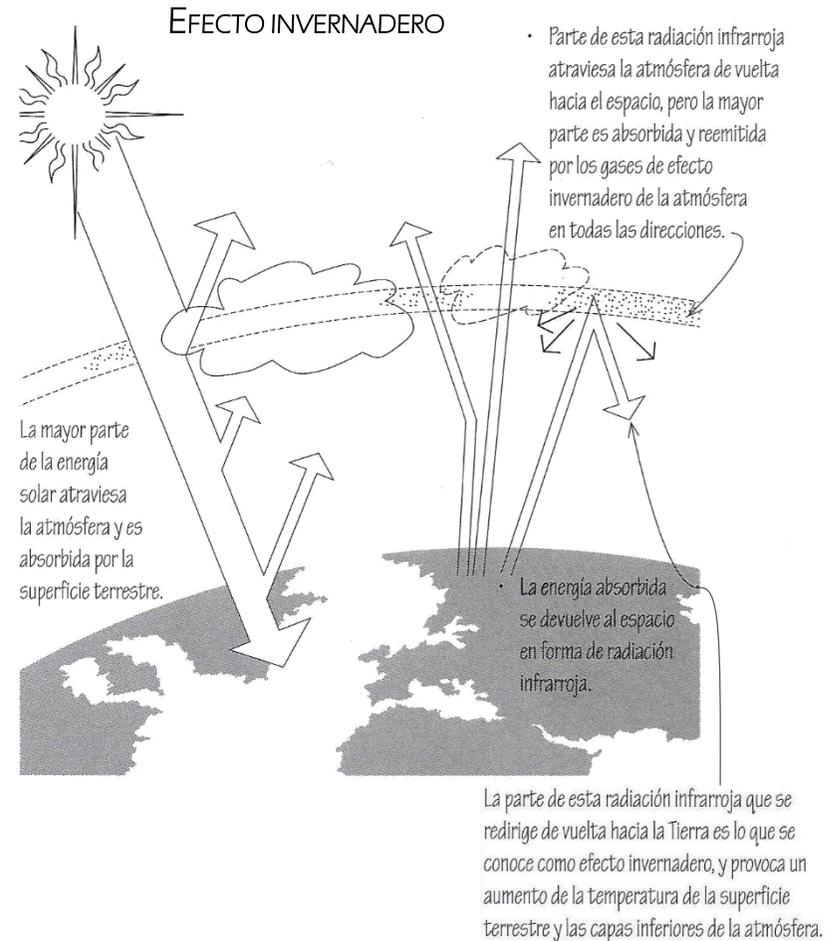
lado existen elementos que son creados por el hombre con sustancias químicas tóxicas y no biodegradables, tales como el plástico y las baterías, ensuciando y saturando todos los ecosistemas. La mecanización de procesos de producción a gran escala trajo consigo muchos beneficios tecnológicos y desarrolló el estilo de vida que hoy conocemos, pero también es la responsable de todo el daño que sufre el planeta actualmente, y no solo se trata de basura, sino que también de generación y consumo energético constante en grandes cantidades. Este se liga directamente con la contaminación, gracias a los métodos y tipos de combustibles que utilizamos para producir energía, tales como combustibles fósiles y quema de material orgánico, mientras que por otro lado, los avances en el área de la salud y la extensión de la expectativa de vida del ser humano aportan al aumento de la población humana en el mundo, incrementando considerablemente la demanda energética.<sup>18</sup>

<sup>18</sup> Francis D.K. Ching, Ian M. Shapiro. (2014). Arquitectura Ecológica, un manual ilustrado. Nueva Jersey: Gustavo Gili.

## 2.1.2 CALENTAMIENTO GLOBAL

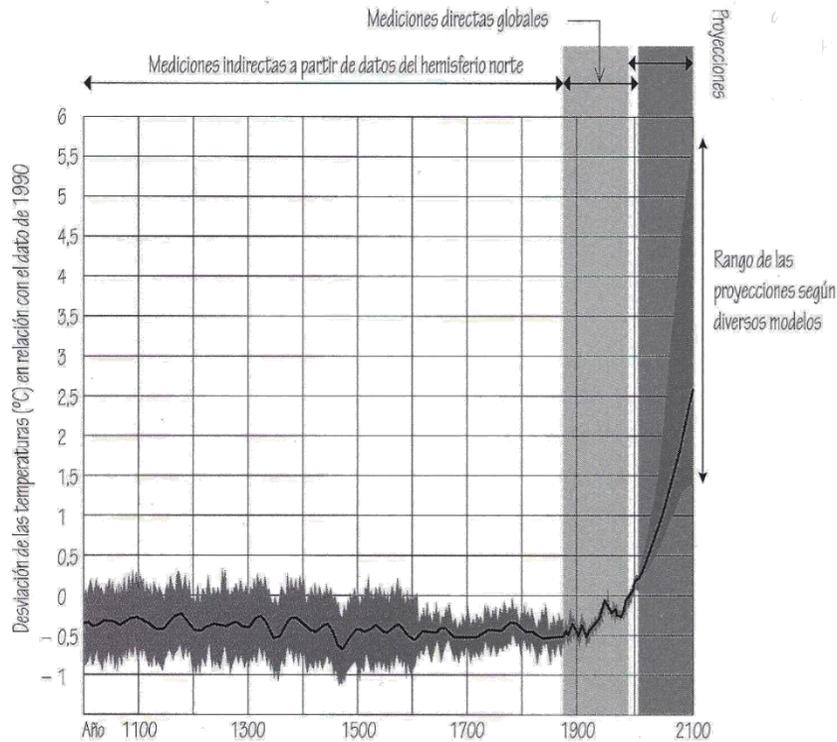
Todo lo anteriormente mencionado genera una serie de consecuencias críticas que afectan a nuestro planeta, uno de ellas es el conocido y controversial "Calentamiento Global", el cual es el responsable de todos los cambios climáticos ocurridos en el mundo. Este nace, principalmente, a partir del aumento en la concentración de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera, generados por las actividades humanas derivadas de la industrialización. Estos gases, compuestos principalmente de vapor de agua, dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) y dióxido de nitrógeno (N<sub>2</sub>O), son los que se emiten a la atmósfera y actúan como bloqueadores térmicos, absorbiendo calor y re direccionándolos nuevamente a la superficie terrestre en todas direcciones. Esta radiación que retorna es la que se denomina "Efecto Invernadero" y aporta en mantener una temperatura estable en la superficie y en la capa inferior de la atmósfera.

El efecto invernadero es un fenómeno natural que siempre ha estado presente y aporta en mantener la temperatura adecuada para hacer posible la vida en el planeta, pero, desde la revolución industrial, estos gases han aumentado exponencialmente, provocando que este



Fuente: Arquitectura Ecológica Manual Ilustrado, Francis D:K Ching – Ian M. Shapiro, 2015, Imagen 1.03

## AUMENTO DE TEMPERATURAS



Fuente: Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Estados Unidos

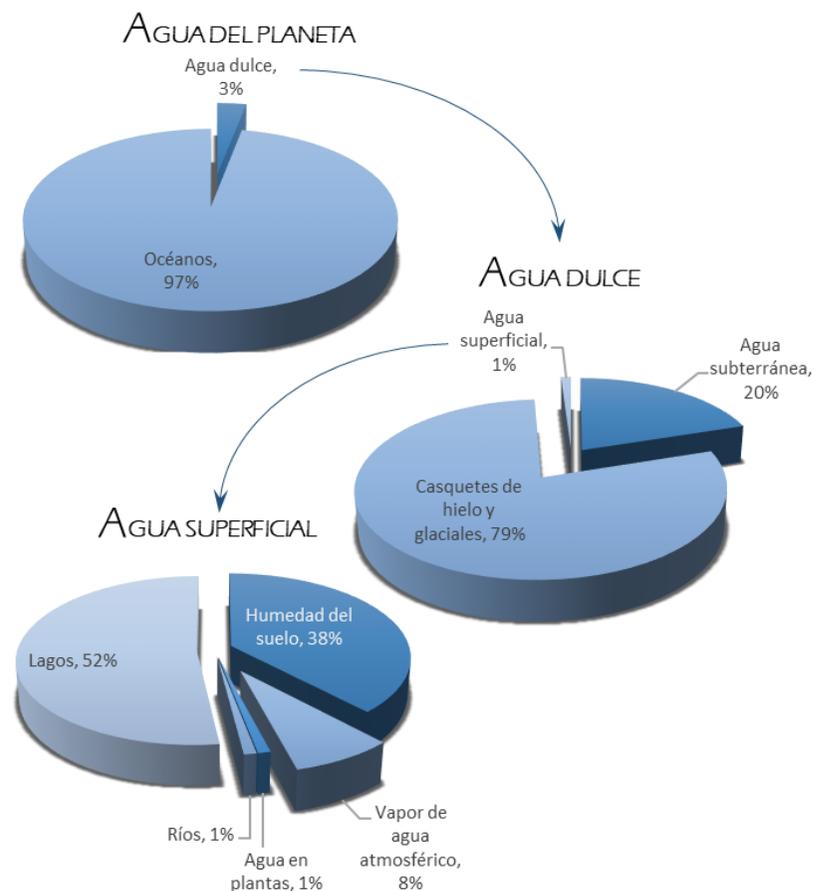
fenómeno se incrementa a niveles peligrosamente altos, generando un aumento en la temperatura de toda la superficie terrestre causando desequilibrios climáticos importantes. Se ha comprobado el aumento en las temperaturas medias globales de la atmósfera y de los océanos, el deshielo creciente y el ascenso del nivel medio de los océanos. Las consecuencias del cambio climático han llegado a producir un incremento en la actividad de ciclones y huracanes, se han generado olas de calor y frío cada vez más frecuentes, intensas y duraderas, se ha reducido considerablemente la superficie cubierta de hielo en los polos, ha aumentado la incidencia de inundaciones costeras y sequías en todo el mundo, ha generado cambios en la distribución de especies animales y vegetales, se ha perdido biodiversidad y el agua potable es cada vez más escasa.<sup>19</sup>

<sup>19</sup> Francis D.K. Ching, Ian M. Shapiro. (2014). *Arquitectura Ecológica, un manual ilustrado*. Nueva Jersey: Gustavo Gili.

## 2.1.3 LA ESCASEZ DE AGUA EN EL MUNDO

Para comprender la dimensión de este problema basta pensar en la escasa cantidad de agua dulce disponible naturalmente en el planeta, y que de ella un mínimo porcentaje se encuentra aprovechable para consumo humano y animal en ríos y lagos, las cuales son nuestras principales fuentes de abastecimiento.<sup>20</sup> Esto nos indica que el recurso hídrico disponible ya es reducido y si además es sobreexplotado, contaminado y derrochado, el problema se acentúa aún más, llegando a niveles críticos.

El constante crecimiento demográfico y la falta de planificación, educación y conciencia en el manejo y uso adecuado del recurso hídrico, han influido directamente en el aumento de la demanda de agua dulce, tanto para los sectores productivos como para el uso doméstico.<sup>21</sup>



Fuente: Elaboración propia con datos de Agudelo C, Ruth Marina. 2005. El agua, recurso estratégico del siglo XXI

<sup>20</sup>Nieto, Nubia. (2011). La gestión del agua: tensiones globales y latinoamericanas. *Política y cultura*, (36), 157-176.

<sup>21</sup>Agudelo C, Ruth Marina. (2005). El agua, recurso estratégico del siglo XXI: strategic resource in the 21st century. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, 23(1), 91-102.

El otro factor que aporta a la escasez de agua potable es la gran contaminación que existe en las aguas subterráneas y superficiales de la tierra. Según el informe de las Naciones Unidas, cada año se registran cuatro mil millones de casos de diarrea, además de otros millones enfermos por cólera, parásitos, dengue, malaria, entre otras, a causa de falta de agua limpia y un entorno con niveles bajos de higiene.<sup>22</sup>

Todos los ecosistemas y áreas del desarrollo humano son afectados por la calidad del recurso hídrico, así como también la salud tanto de las personas como de los animales y plantas, siendo estos últimos nuestra fuente de alimento.<sup>23</sup>

En la actualidad, aproximadamente el 20% de la población mundial no tiene acceso al agua potable y se prevé que para el año 2025 aproximadamente el 66% de la población mundial se verá enfrentada a problemas de escasez de agua y un 33% vivirá en sequía constante. Esto traerá consigo consecuencias importantes en la agricultura y ganadería, provocando insuficiencia de alimentos a escala mundial.<sup>24</sup>

Según la Organización de Alimentos y Agricultura de las Naciones Unidas, el 70% del agua dulce es usada para la agricultura, sin embargo,

---

<sup>22</sup> Nieto, Nubia. (2011). La gestión del agua: tensiones globales y latinoamericanas. *Política y cultura*, (36), 157-176.

<sup>23</sup> Organización de las Naciones Unidas, ONU (2010). Día mundial del agua: agua limpia para un mundo más saludable. *Política y cultura*, (36), 157-176.

<sup>24</sup> Craig Donnellan (ed.), *The water crisis*, vol. 76, Cambridge, Independence, 2004

60% del agua utilizada se pierda en la evaporación, lo cual provoca que se necesiten más litros de agua para los cultivos.

*"No hay una sola solución para mantener la seguridad alimentaria si no se soluciona primero la escasez del agua".* <sup>25</sup>

Es importante señalar que el problema del agua tiene tres aristas: La primera es la disponibilidad del recurso en el mundo, es decir, la cantidad de agua dulce que posee el planeta aprovechable para su uso y consumo; la segunda es la accesibilidad a ella, lo que se refiere a la capacidad de las personas de obtenerla independiente de si se está conectados a una red. Un ejemplo de ello es la capacidad que tiene una familia de costear el gasto según su consumo. Y la tercera es la calidad, es decir, los niveles de pureza que presenta, sin contaminación ni agentes patógenos. En este sentido, la calidad del recurso hídrico en el mundo es cada vez peor debido a las nuevas enfermedades, nuevos productos industriales y químicos, la falta de tratamiento adecuado para las aguas residuales, la sobreexplotación y la falta de cultura en el cuidado del agua.<sup>26</sup>

---

<sup>25</sup> Food and Agriculture Organization of the United Nations, No global water crisis. But many developing countries will face water scarcity, Roma, FAO/Press Release of Italian Media Office, marzo 2003

<sup>26</sup> Nieto, Nubia. (2011). La gestión del agua: tensiones globales y latinoamericanas. *Política y cultura*, (36), 157-176.

América Central y Sur poseen alrededor del 26% de las reservas mundiales de agua dulce,<sup>27</sup> ya que en ella se encuentran cuatro de los veinticinco ríos más grandes del mundo como son el Amazonas en Brasil, Paraná en Argentina, Orinoco en Venezuela y Magdalena en Colombia, sin mencionar los glaciares y nieve de alta montaña. A pesar de esto, América Latina presenta problemas de escasez de agua, principalmente por los niveles de pobreza, la mala administración por parte de sus gobiernos, la falta de educación sobre el cuidado, la industrialización mal regulada que genera contaminación de cauces superficiales y subterráneos, inadecuadas prácticas agrícolas y ganaderas y una infraestructura tecnológica insuficiente.<sup>28</sup> Todo lo anterior ha aportado al rápido agotamiento de las fuentes superficiales de ríos y lagos.

Las ciudades dependen cada vez más de los suministros de agua subterránea para abastecer las necesidades de sus poblaciones, actualmente 29% del agua potable en la región proviene de este método de suministro hídrico, del cual dependen 150 millones de personas.<sup>29</sup>

---

<sup>27</sup> Latin America and the Caribbean, 2003 International year of Fresh Water, París, Unesco

<sup>28</sup> Maude Barlow y Tony Clarke (2004). Water Privatization: the World Bank's latest market fantasy

<sup>29</sup> Carmen Revenga et al., Pilot Analysis of global ecosystems. Fresh water systems, Washington, World Resources Institute. p. 27.

Debido a que América Central y Sur son poseedoras de fuentes importantes de agua dulce, la preocupación de asegurar el suministro en ella no solo va por parte de los gobiernos regionales, sino que también representa un importante reto para las organizaciones internacionales.<sup>30</sup>

---

<sup>30</sup> Comité Técnico Asesor para América del Sur, Asociación Mundial del Agua, Informes Nacionales, Santiago de Chile, CEPAL, 2005. Ontario, Polaris Institute, 2004

## 2.1.4 LA ESCASEZ DE AGUA EN CHILE

En Chile el agua siempre ha sido un tema importante, principalmente en la zona norte, donde la disponibilidad de agua dulce es baja y las demandas son muy altas. La definición de zona árida se refiere a territorios donde las precipitaciones son usualmente más bajas que la evapotranspiración de la vegetación permanente. Según esta definición, la zona árida chilena abarca desde el extremo norte del territorio hasta Concepción, donde la I y II Región son desérticas, la III y IV Región con clima mediterráneo árido, V y Región Metropolitana con clima semiárido que se va tornando templado hacia el sur, perdiendo esta calidad árida al pasar el río Biobío. Esta condición seca se acentúa en los meses de verano, ya que la evapotranspiración vegetal (ET<sub>o</sub>) es mínima en los meses fríos (1 mm/ día), y máxima en los meses cálidos (7-15 mm/ día) mientras que las precipitaciones se concentran sólo en los tres meses de invierno, de escasa ET<sub>o</sub>, y los nueve meses restantes son prácticamente de sequía y alta ET<sub>o</sub>, coincidentes con el crecimiento vegetal.

Según el informe de pronóstico de disponibilidad de agua de la Dirección General de Aguas, durante el año 2016 los caudales medios mensuales en las regiones del Maule al sur, entre los meses de abril y mayo, se observó una disminución paulatina de los valores normales debido a la falta de lluvias, afectando notablemente a la zona. Estos valores han llegado a ubicarse muy cercanos a los mínimos estadísticos,

quedando incluso inferiores a ellos en algunas ocasiones. En el mes de agosto los valores repuntaron, pero aun así no lo suficiente para alcanzar los promedios del mes.<sup>31</sup>

En cuanto a las precipitaciones, se presenta un déficit generalizado. En la III Región hasta la cuenca del río Elqui, en las zonas costeras y valles es posible observar altos déficit, mayores al 60% e incluso hasta de un 100%. Desde la cuenca del río Limarí hasta la del río Mataquito los déficits son menores al 35%, existiendo algunos tramos con valores cercanos a los normales. Desde la cuenca del río Maule al sur, nuevamente se tienen mayores déficits que varían entre un 30% y un 60%. En relación al año 2015, los valores en las lluvias son inferiores a las registradas en igual fecha, excepto en la zona entre la cuenca del río Choapa y la del Mataquito (IV – VII).<sup>32</sup>

En cuanto a las precipitaciones nivales, el déficit se observa en la zona sur, entre las cuencas Aconcagua y Biobío, con un 25% a un 80% que aumenta progresivamente, registrándose las acumulaciones más bajas de los últimos 15 años.<sup>33</sup>

<sup>31</sup> Dirección General de Aguas (2016) Pronostico de disponibilidad de agua temporada de riego 2016-2017, División de Hidrología.

<sup>32</sup> Dirección General de Aguas (2016) Pronostico de disponibilidad de agua temporada de riego 2016-2017, División de Hidrología.

<sup>33</sup> Dirección General de Aguas (2016) Pronostico de disponibilidad de agua temporada de riego 2016-2017, División de Hidrología.

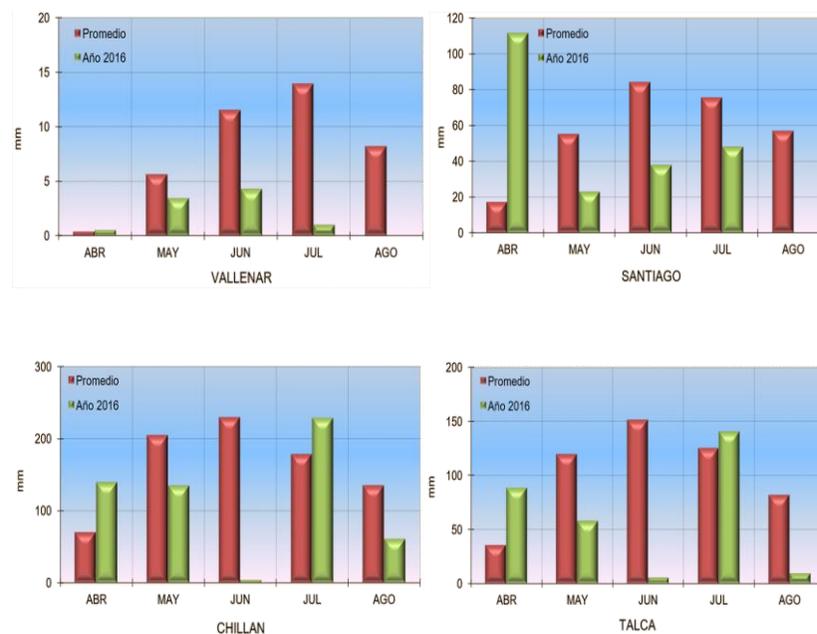
Según lo anterior, la disponibilidad de agua dulce ha disminuido considerablemente en el país, principalmente por el cambio climático que ha afectado las precipitaciones, tanto lluvia como nieve, afectando todo el ciclo hídrico, por lo que las fuentes superficiales y subterráneas no se han renovado normalmente. En relación a la accesibilidad hay que considerar algunos puntos tales como los derechos de agua en la parte legal.

“Las aguas del país son un bien nacional de uso público, sobre el cual se conceden derechos de aprovechamiento precisos respecto de la fuente de agua, caudal, destino, etc. Prácticamente todo el caudal permanente (80%) de los ríos de la zona árida chilena ya está concedido a algún usuario, y los nuevos deberán adquirirlos desde los primeros.”<sup>34</sup>

Según lo anterior, el 80% de los caudales permanentes superficiales tiene dueño, lo que dificulta el acceso por parte del resto de los usuarios al recurso hídrico, debiendo pagar por su uso a terceros. El acceso al agua potable, desde el punto de vista económico, es un tema complejo para muchas familias chilenas, ya que la capacidad económica muchas veces resulta insuficiente para solventar los gastos por consumo en su cuenta de agua.

<sup>34</sup> Astaburuaga G., Ricardo. (2004). El agua en las zonas áridas de Chile. *ARQ (Santiago)*, (57), 68-73

## PRECIPITACIONES DISTRIBUCIÓN MENSUAL



Fuente: Dirección General de Aguas, Pronóstico de disponibilidad de agua temporada de riego 2016-2017, División de Hidrología, 2016.

## PRECIPITACIONES AL 31 DE AGOSTO 2016

ESTACIÓN	AÑO 2015 mm	AÑO 2016 mm	PROMEDIO mm	DÉFICIT (%) 2015	DÉFICIT (%) 2016
Copiapó	49	0	19	157	-100
Vallenar	111	9	42	168	-78
La Serena	64	28	85	-25	-68
Ovalle	119	61	100	19	-39
Salamanca	196	197	228	-14	-14
San Felipe	146	192	210	-31	-9
Lago Peñuelas	422	339	627	-33	-46
Santiago	145	228	298	-51	-24
Rancagua	218	323	376	-42	-14
S. Fernando	380	409	622	-39	-34
Curicó	413	405	554	-25	-27
Talca	412	306	539	-24	-43
Linares	616	373	742	-17	-50
Parral	622	296	787	-21	-62
Chillán	726	577	875	-17	-34

Fuente: Elaboración propia con datos de Dirección General de Aguas, Pronostico de disponibilidad de agua temporada de riego 2016-2017, División de Hidrología, 2016.

De acuerdo a lo planteado por Nieto<sup>35</sup> y Agudelo<sup>36</sup>, la escasez de agua mundial llevara a considerar el recurso como el nuevo “oro azul”, provocando un aumento imponente en el valor del agua, extendiendo el problema del acceso a ella a un porcentaje mucho mayor de la población.

La calidad del agua es otro punto a considerar, aunque Chile se encuentra muy por encima del promedio en cuanto al servicio de agua potable en relación a muchos otros países. Una realidad es que los chilenos acostumbramos a beber agua directamente de la llave, cosa que es impensada en muchas partes del mundo. Según la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS), la cobertura nacional de agua potable y alcantarillado en la zonas urbanas ha llegado a un 99.9% y 96.7% respectivamente en el año 2014 y en el tratamiento de las aguas servidas nacional, a un 96.58% el mismo año, lo que muestra una preocupación por parte de las empresas y el gobierno de llevar el servicio a gran parte de la población, aportando a la salud de los habitantes y al cuidado del medio ambiente al devolver aguas tratadas a los cauces naturales.<sup>37</sup>

<sup>35</sup> Nieto, Nubia. (2011). La gestión del agua: tensiones globales y latinoamericanas. *Política y cultura*, (36), 157-176.

<sup>36</sup> Agudelo C, Ruth Marina. (2005). El agua, recurso estratégico del siglo XXI: strategic resource in the 21st century. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, 23(1), 91-102.

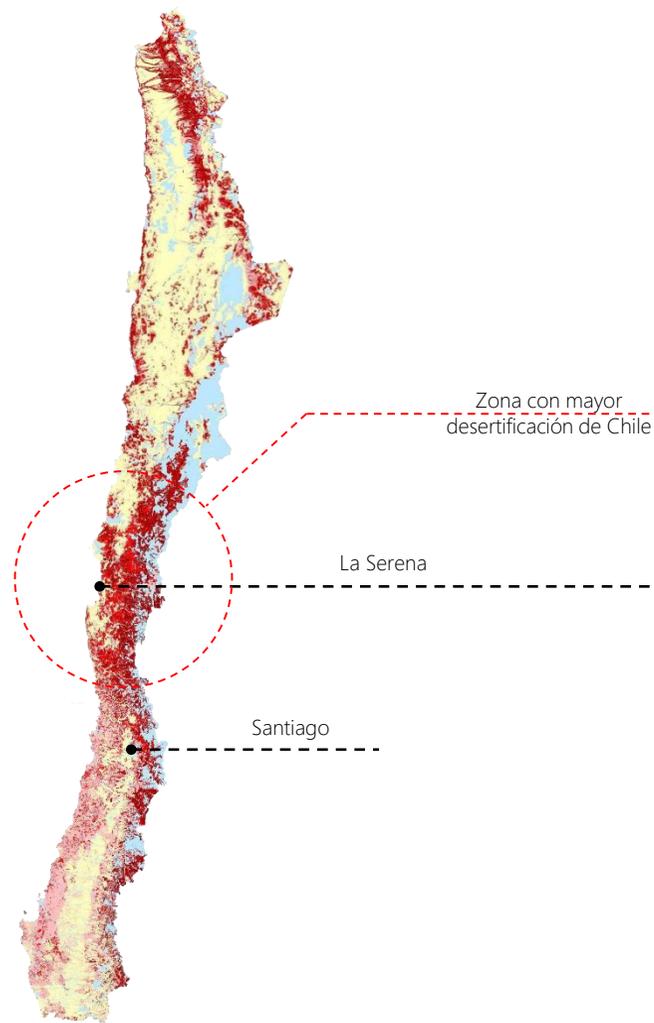
<sup>37</sup> Superintendencia de Servicios Sanitarios. (2009). SISS da a conocer nivel de consumo de agua potable en el país. Gobierno de Chile, Santiago.

## 2.1.5 DESERTIFICACIÓN EN CHILE

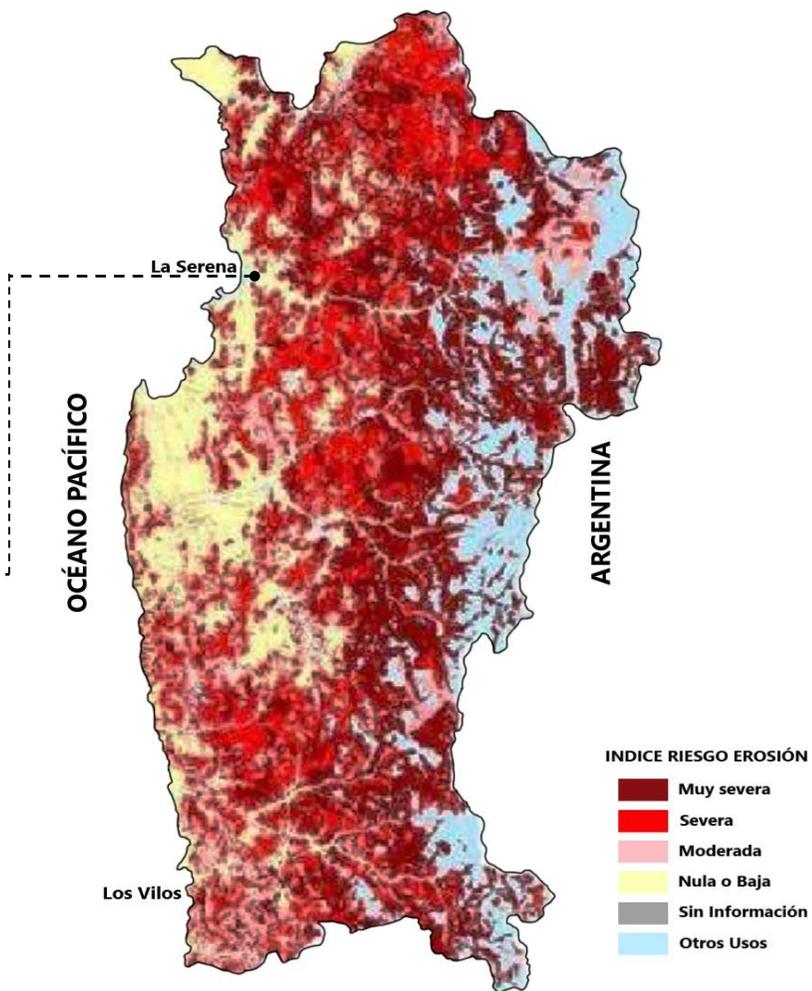
La desertificación afecta a gran parte de las tierras secas del mundo lo cual representa un problema debido a que estas son áreas fértiles que albergan hasta un 44% de toda la tierra cultivada, el 50% del ganado del mundo y cerca de la mitad de la tierra de labranza, además de ser grandes hábitats para la vida salvaje especializada. Dentro del contexto del desarrollo sustentable la definición de tierras secas excluye las áreas hiperáridas conocidas como desiertos, pues estas son zonas ya degradadas, es decir, las tierras secas que sufren de desertificación terminan transformándose en desiertos. Entre 1981 y 2003 se degradó el 24% de la tierra a nivel mundial donde el 20% de estas suponen tierras de cultivo y cada año se pierden 12 millones de hectáreas, lo cual es equivalente al tamaño de Bulgaria o Berlín.<sup>38</sup>

En Chile, la desertificación afecta a una superficie aproximada de 47.3 millones de hectáreas, lo que equivale al 62.3% del territorio nacional, ubicándose principalmente entre la I y VIII región y en la zona austral entre la XI y XII región. Este problema ha provocado una redistribución de ventajas competitivas para cultivos tradicionales y de alto valor agregado, viéndose desplazadas a mayores latitudes.

<sup>38</sup> Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, PNUMA (2012). "Desertificación: una síntesis visual". Organización de las Naciones Unidas (ONU) en cooperación con GRID-Arendal/Zoi Environment Network



Fuente: Elaboración propia con datos de "La desertificación en Chile". Unidad de Diagnóstico Parlamentario, Departamento de Evaluación de la Ley. Cámara de Diputados, Chile.



Fuente: Elaboración propia con datos de “La desertificación en Chile”. Unidad de Diagnóstico Parlamentario, Departamento de Evaluación de la Ley. Cámara de Diputados, Chile.

Los científicos pronostican que de aquí al año 2030, entre las latitudes en que se ubican Arica y Chiloé, ocurrirá un calentamiento promedio de 2 a 4 grados Celsius, con intensificación de la aridez en la zona norte, avance del desierto hacia el sur, reducción hídrica en la zona central, aumento de precipitaciones en la zona sur y disminución de los glaciares. El avance del desierto en Chile a regiones semiáridas y australes se ha estimado en 0,4 km. por año (algunos autores señalan hasta 1 km al año), por lo que en poco tiempo más el escenario más optimista sería que la IV región estaría incluida en el desierto de Atacama, mientras que el más pesimista sería que avanzara a porciones significativas de la V Región.

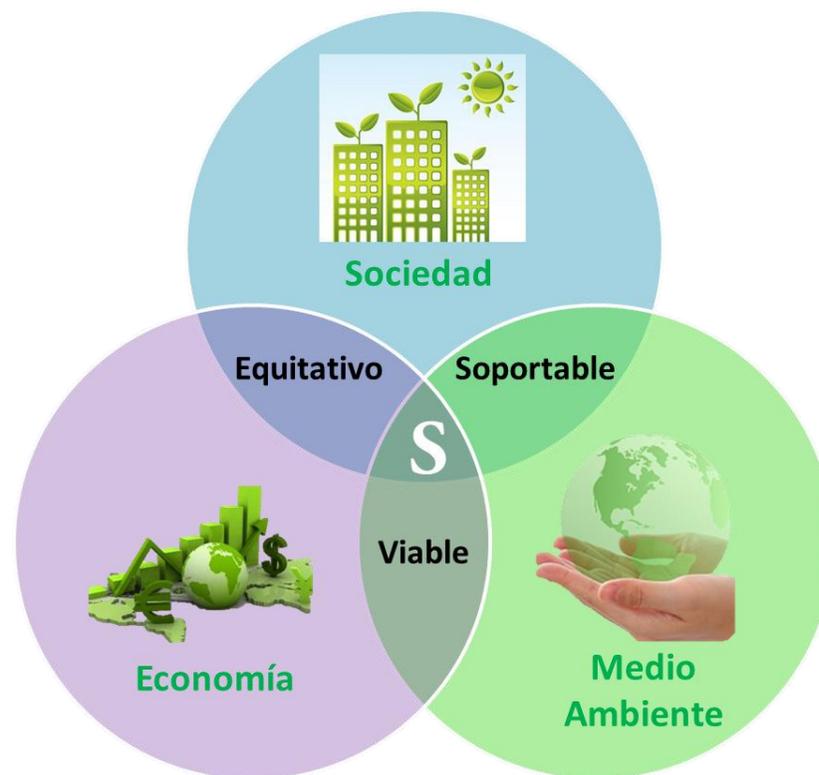
La zona más afectada debido al descenso en los niveles pluviométricos experimentados durante todo el siglo XX e inicios del XXI es la IV región de Coquimbo, donde aproximadamente el 84% del territorio presenta niveles de desertificación severa y muy severa.<sup>39</sup>

<sup>39</sup>Rodríguez Ormazábal, Carlos, Henríquez Ayala, Maryan (2012) “La desertificación en Chile”. Unidad de Diagnóstico Parlamentario, Departamento de Evaluación de la Ley. Cámara de Diputados, Chile.

## 2.2 SUSTENTABILIDAD

Existen muchas definiciones para este concepto dependiendo del área o disciplina al que se aplique, pero todos apuntan a la obtención de un equilibrio en la interacción entre las partes involucradas. Desde la ecología, sustentabilidad se refiere a como los sistemas biológicos mantienen su diversidad y productividad a lo largo del tiempo, es el equilibrio entre una especie con los recursos de su entorno; desde la perspectiva económica y social se refiere a la explotación de recursos por debajo del límite de renovación del mismo y a la capacidad de satisfacer las necesidades de las generaciones actuales sin afectar a las generaciones futuras; también se puede definir como la capacidad de mantenerse por sí mismo, sin ayuda exterior, produciendo y utilizando solo los recursos necesarios (naturales, energéticos, económicos) y generando un mínimo impacto en el medio.

El término “desarrollo sostenible” tuvo su primera aparición en un documento oficial firmado por treinta y tres países africanos en el año 1969, bajo el auspicio de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). Pero es en 1987 cuando el término se hace conocido mundialmente al ser mencionado en el



Fuente: El planeta. ¿Qué es el desarrollo sustentable?. Enero 2017. [elplaneta.org/development-sustainable-and-sustainability/](http://elplaneta.org/development-sustainable-and-sustainability/)

famoso Informe Brundtland, también titulado “Nuestro futuro común”, elaborado por varios países para la Organización de las Naciones Unidas (ONU). Este informe se realizó por la gran necesidad de estudiar y delimitar el impacto que tiene las actividades humanas sobre el medio ambiente, las cuales afectan a todo el planeta generando consecuencias cada vez más graves y evidentes. Es debido a todos estos desequilibrios que el ser humano ha generado en el medio que resulta necesario implementar un desarrollo más sustentable, tanto en nuestros asentamientos urbanos como en nuestro estilo de vida, entendiendo que el planeta y sus recursos no son infinitos y hay que cuidarlos, entregándole al planeta el tiempo suficiente para que sea posible su regeneración.

La arquitectura juega un rol muy importante en el contexto de generar hábitat humanos, conocidos como urbes, que funcionen autónomamente en cooperación con el medio, con procesos que sean cíclicos y no lineales.

La arquitectura sustentable busca optimizar los recursos naturales y sistemas de la edificación de tal modo que sea capaz de minimizar el impacto ambiental de los edificios sobre su entorno sin descuidar el confort y la calidad de vida a sus habitantes.

Un tipo de arquitectura directamente ligada a lo sustentable, es la arquitectura bioclimática, la cual considera en su diseño las condiciones climáticas, aprovechando los recursos disponibles como el sol, la lluvia, el viento, etc. con el fin de generar las condiciones adecuadas para el confort humano de forma pasiva, aportando así al ahorro en el consumo energético y de recursos naturales.<sup>40</sup>

---

<sup>40</sup> Contreras, Mónica (2016). “Criterios para el Diseño del Ciclo del Agua de la Vivienda Rural En Contexto De Escasez. Caso comuna de Ancud, Chiloé”. Seminario de Investigación 2017. Prof. Guía: Jeannette Roldán

## 2.2.1 AGUA SUSTENTABLE

El agua es el recurso natural más fundamental para la vida, presente en todos los procesos, tanto biológicos como productivos, y el riesgo que existe de no tener la disponibilidad suficiente para sustentar a la población mundial, ha provocado una preocupación generalizada, transformándola en un elemento muy preciado.

El agua sostenible o sustentable es el término utilizado para referirse al uso eficiente del elemento en edificios y en actividades productivas tales como agricultura y manufactura. El adecuado diseño de todos los procesos e infraestructuras resulta necesario para evitar problemas como sequías y contaminación de las fuentes naturales.<sup>41</sup>

Las sequías y escasez han alertado a todas las naciones, llevando a conformar organizaciones preocupadas y dedicadas del buen uso y administración del recurso hídrico. De esto se desprenden instituciones dedicadas a calificar el desempeño de las nuevas construcciones, utilizando sistemas de puntuación según la eficiencia de cada estrategia implementada. Las más reconocidas a nivel mundial son Breeam (España, 1990) y LEED (U.S, 1998)

---

<sup>41</sup> Bioregional, One Planet Living, [www.bioregional.com](http://www.bioregional.com) Consultado el 1 de noviembre, 2017

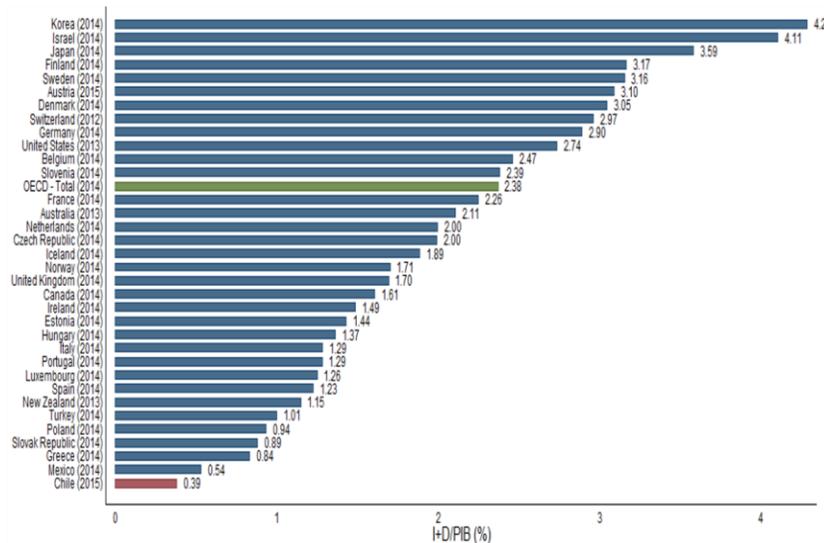
## 2.2.2 ESTRATEGIAS SUSTENTABLES

La Real Academia Española define estrategia como “la disciplina de coordinar las acciones y recursos para conseguir una finalidad.” En el marco de este trabajo, la finalidad es el uso eficiente y adecuado del agua. Existen muchas estrategias que buscan este objetivo, pero su eficiencia depende de las características del contexto en el cual se quieren implementar, por lo que resulta importante estudiar y analizar cada estrategia con el fin de establecer las variables de las cuales dependen, para identificar sus fortalezas y debilidades.

Para que una estrategia sea sustentable, debe plantear soluciones sobre la base de los tres pilares principales, económico, social y medioambiental, respondiendo a cada uno de ellos de forma equilibrada.

## 2.3 INVESTIGACIÓN EN CHILE (I+D)

GASTO EN I+D COMO PORCENTAJE DEL PIB  
MIEMBROS OCDE



Fuente: MSTI & VI Encuesta Gastos y Personal I+D 2015, Ministerio Economía Chile.

La investigación está directamente ligada con el desarrollo que tiene un país. Los grandes avances científico-técnicos siempre se han convertido en una mayor creación de riqueza para todos, al representar el instrumento más efectivo para mejorar la productividad y mejorar los servicios a las empresas. Los avances tecnológicos surgen de la innovación, es decir, el proceso de inventar nuevos productos, mejorar los productos existentes, y reducir el costo de producción de bienes y servicios existentes. Investigación y desarrollo (I+D) es el término destinado a los esfuerzos de los científicos, ingenieros y empresarios para desarrollar nuevos conocimientos y mejores métodos para hacer las cosas. Los estudios realizados por el INE<sup>42</sup> y el Ministerio de Economía de Chile<sup>43</sup> sugieren que el gasto en I+D tiene una influencia positiva en la productividad, con un tasa de retorno que supera a las inversiones habituales. La relación existente entre inversión en I+D, producción científica, nivel educativo y riqueza resulta evidente.

<sup>42</sup> Instituto Nacional de Estadísticas, INE (2017). VI Encuesta Nacional sobre Gasto y Personal en I+D. Ministerio de Economía, Fomento y Turismo, Gobierno de Chile.

<sup>43</sup> Ministerio de Economía, Fomento y Turismo (2012) Ampliación del Incentivo Tributario a la Investigación y Desarrollo (I+D). Proyecto de Ley que modifica la Ley N°20.241.

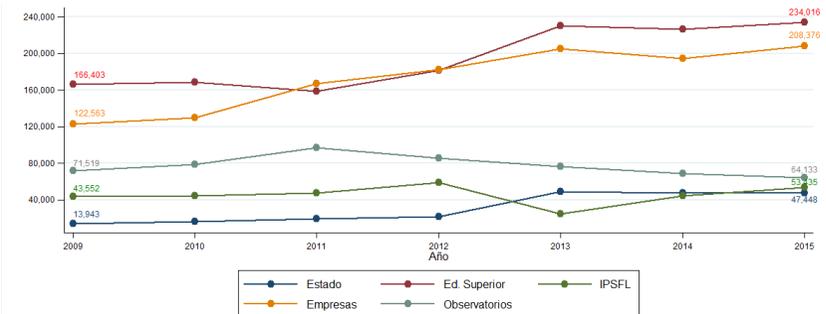
Según la VI Encuesta Nacional sobre Gasto y Personal en I+D realizada por el Ministerio de Economía de Chile y llevada a cabo por el INE, la inversión de PIB en esta área es de 0.39%, dejando al país como aquel que menos invierte entre 35 países, pertenecientes a la Organización para la Cooperación y el desarrollo económicos (OCDE), tomando como referencia datos del 2015. Esto posiciona a Chile muy por debajo del promedio establecido por la OCDE con un 2.38% del PIB.<sup>44</sup>

Si bien el Estado de Chile mantiene un constante aumento cada año en la inversión en I+D, la necesidad de que las empresas privadas se comprometan más con este desafío es esencial para lograr un acercamiento mayor al promedio establecido.

*"Chile tiene que incorporar conocimiento a los bienes y servicios que produce, paso fundamental para alcanzar el desarrollo, y en ese proceso el Estado está cumpliendo su rol al financiar la I+D, pero necesitamos que los privados se sumen al desafío [...] Vemos que el Estado sigue aumentando sostenidamente el financiamiento en I+D, pero necesitamos que sean los privados los que lo lideren, como ocurre en los países desarrollados. Si los privados invierten en I+D, se fomenta la competencia, lo que beneficia al mercado y a los consumidores.*

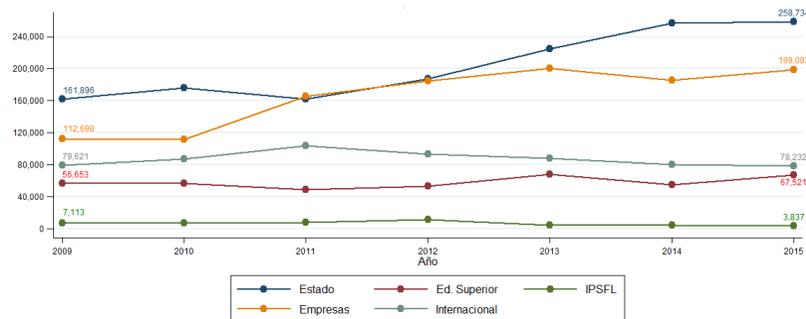
<sup>44</sup> Instituto Nacional de Estadísticas, INE (2017). VI Encuesta Nacional sobre Gasto y Personal en I+D. Ministerio de Economía, Fomento y Turismo, Gobierno de Chile.

### EVOLUCIÓN DEL GASTO EN I+D SEGÚN SECTOR DE EJECUCIÓN



Fuente: VI Encuesta Gasto y Personal I+D, Ministerio Economía Chile

## GASTO EN I+D SEGÚN FUENTE DE FINANCIAMIENTO



Fuente: VI Encuesta Gasto y Personal I+D, Ministerio Economía Chile

*Con más competencia, las empresas deben usar la I+D para diferenciarse del resto o crear nuevos productos.*

*Más innovación, menos colusión" <sup>45</sup>*

Actualmente los que lideran en el uso de los recursos entregados del PIB son las entidades educacionales superiores. Son las universidades quienes realizan mayor investigación y generación de conocimiento para el país, demostrando la relevancia y el protagonismo que tienen.

La Universidad de Chile es una de las entidades que mantienen áreas de investigación y promueven el conocimiento y su expansión al igual que las Universidades de La Serena y Católica del Norte, quienes reciben bajo su alero a instituciones dedicadas a la generación de conocimiento científico-tecnológico.

Según los datos graficados, las empresas privadas, aunque no lideran el financiamiento ni la ejecución, se mantienen como los segundos que más invierten en esta área, por lo que el incentivo hacia ellos por parte del Estado y la creación de alianzas estratégicas entre los distintos sectores puede impulsar una mayor participación e interés, aportando al aumento del PIB invertido y mostrando a Chile como un país más competitivo y atractivo para otras empresas.

<sup>45</sup> Céspedes, Luis Felipe. Ministro de Economía (2017). "Inversión en I+D en Chile sube 4.4%, pero aún es la más baja de los países OCDE". Entrevista para El Mercurio, 30 de enero 2017. <http://www.emol.com/noticias/Economia/2017/01/30/842436/Inversion-en-ID-en-Chile-suba-44-pero-todavia-es-la-mas-baja-de-los-paises-OCDE.html> Consultado el 13 de noviembre, 2017

## 2.4 ESTUDIO DE NUEVA TECNOLOGÍA

Como parte del área transversal de investigación: Innovación y generación de conocimiento (I+D), la búsqueda de integración de tecnologías a la arquitectura tiene como objetivo proyectar un edificio capaz de funcionar como artefacto que aporte tanto al funcionamiento y mantención de éste como a las actividades que se realizan en su interior y que además se presente como una respuesta ante un problema medioambiental como es la desertificación.

Para realizar este proyecto de título se investiga la forma de captar agua de la atmósfera utilizando los mismos fenómenos que se dan naturalmente a través de la creación de condiciones favorables para que se presenten. Esto quiere decir que el funcionamiento de la tecnología es completamente pasivo y replicable en otras construcciones que se ubiquen en contextos geográficos y climáticos específicos.



Fuente: Industry News. Kemperol Reflect 2K FR, 'Cool Roof' Can Boost Building Energy Efficiency <http://www.coatingspromag.com/industry-news/2015/03/kemperol-reflect-2k-fr-cool-roof-can-boost-building-energy-efficiency>

## 2.4.1 CAPTACIÓN DE AGUA ATMOSFÉRICA POR CONDENSACIÓN

TABLA DE HUMEDADES ABSOLUTAS SEGÚN T°

T °C	g/kg	m3/kg	g/m3	17	12,11	0,8382	14,45
0	3,76	0,7781	4,83	18	12,92	0,8422	15,34
1	4,04	0,7813	5,17	19	13,78	0,8462	16,28
2	4,35	0,7846	5,54	20	14,68	0,8504	17,26
3	4,67	0,7879	5,93	21	15,64	0,8545	18,30
4	5,02	0,7912	6,34	22	16,65	0,8588	19,39
5	5,39	0,7946	6,78	23	17,73	0,8632	20,54
6	5,78	0,798	7,24	24	18,86	0,8676	21,74
7	6,2	0,8015	7,74	25	20,06	0,8721	23,00
8	6,64	0,8049	8,25	26	21,33	0,8767	24,33
9	7,11	0,8084	8,80	27	22,68	0,8815	25,73
10	7,62	0,812	9,38	28	24,09	0,8863	27,18
11	8,15	0,8156	9,99	29	25,59	0,8912	28,71
12	8,72	0,8192	10,64	30	27,18	0,8963	30,32
13	9,32	0,8229	11,33	31	28,85	0,9014	32,01
14	9,96	0,8267	12,05	32	30,62	0,9068	33,77
15	10,63	0,8305	12,80	33	32,48	0,9122	35,61
16	11,35	0,8343	13,60	34	34,46	0,9178	37,55

Fuente: Yachán Matías. Ingeniero Civil Estructural. Clase de Humedades. Diplomado Arquitectura Sustentable 2017, Universidad de Chile.

Para comprender el funcionamiento de la tecnología y sus requerimientos, es necesario primero entender el fenómeno de la condensación y como se presenta naturalmente.

La condensación es el cambio de estado de un gas a un líquido. En la naturaleza el vapor de agua pasa a estado líquido cuando la temperatura de la superficie es menor que la temperatura de saturación para la presión a la que se encuentra el vapor y el ejemplo más conocido en la naturaleza de esto es el rocío que se presenta en la madrugada.

→ **FACTORES CLIMÁTICOS:** Los factores climáticos/ambientales que intervienen en el fenómeno de la condensación son: Temperatura, humedad absoluta, humedad relativa y la presión atmosférica según las características geográficas.<sup>46</sup>

<sup>46</sup>Entrevista grabada, Rondanelli, Roberto. Ingeniero Civil Químico, Entrevistado por el autor. 3 de Mayo, 2017, Santiago

- **Temperatura:** Establece la cantidad de vapor de agua que puede contener  $1\text{m}^3$  de aire. A mayor temperatura, mayor es la cantidad de vapor.
- **Humedad absoluta:** Cantidad máxima de vapor de agua que puede contener  $1\text{m}^3$  de aire a una cierta temperatura, es decir, es el punto de saturación de vapor antes de que este comience a condensarse.
- **Humedad relativa:** Relación entre la cantidad de vapor contenido en  $1\text{m}^3$  de aire y la cantidad máxima de vapor que ese mismo  $\text{m}^3$  puede contener a una temperatura específica expresado en %.
- **Presión:** Modifica las condiciones volumétricas del aire, donde a mayor presión más pequeño es el volumen por lo que es posible forzar la condensación si se aplica de forma artificial. En forma natural, para efectos de cálculo, la presión se deja como constante ya que solo varía naturalmente si se modifica la ubicación geográfica.

\* La relación entre estos y otros factores climáticos se puede observar en la carta psicrométrica, la cual se utiliza para realizar los cálculos.



Fuente: Elaboración propia



Fuente: ¿Por qué los líquidos fríos empañan los vasos que los contienen? Agosto 2012.  
<http://enroquedeciencia.blogspot.cl/2012/08/por-que-los-liquidos-frios-empanan-los.html>

→ **CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES:** Como se menciona anteriormente, para que se produzca condensación, las superficies deben mantener una temperatura lo más baja posible. Esto se explica ya que la fina capa de aire que rodea la superficie, al tener menor temperatura, es capaz de retener menor cantidad de vapor de agua, si la cantidad de vapor en el ambiente resulta mayor a la que sostiene la capa de aire frío, llega al punto de saturación y el vapor comienza a condensarse en la superficie. Un ejemplo de esto es la condensación de agua en un vaso con hielo en una tarde calurosa.

Los materiales poseen características físicas que permiten mantener una temperatura baja incluso a pleno sol. Esta tecnología se conoce como Cool Roof o techo frío. Esta característica está dada principalmente por dos propiedades: Emisividad y reflectancia.<sup>47</sup>

- **Emisividad:** Es la capacidad de la superficie de un material de emitir radiación térmica hacia el ambiente (infrarrojos), es decir, mientras más emisivo sea un material más calor irradia, con valores que van desde 0 a 1.

<sup>47</sup>Entrevista grabada, Carvajal, Danilo. Ingeniero Civil Químico. Entrevistado por el autor.  
17 de Mayo, 2017, Santiago

- **Reflectancia:** Es la capacidad de un cuerpo de reflejar la luz incidente. Se expresa principalmente en % debido a la relación entre la cantidad reflejada y la incidente. El color del material influye directamente en esta propiedad, existiendo tablas que muestran la reflectancia junto con una paleta de colores.

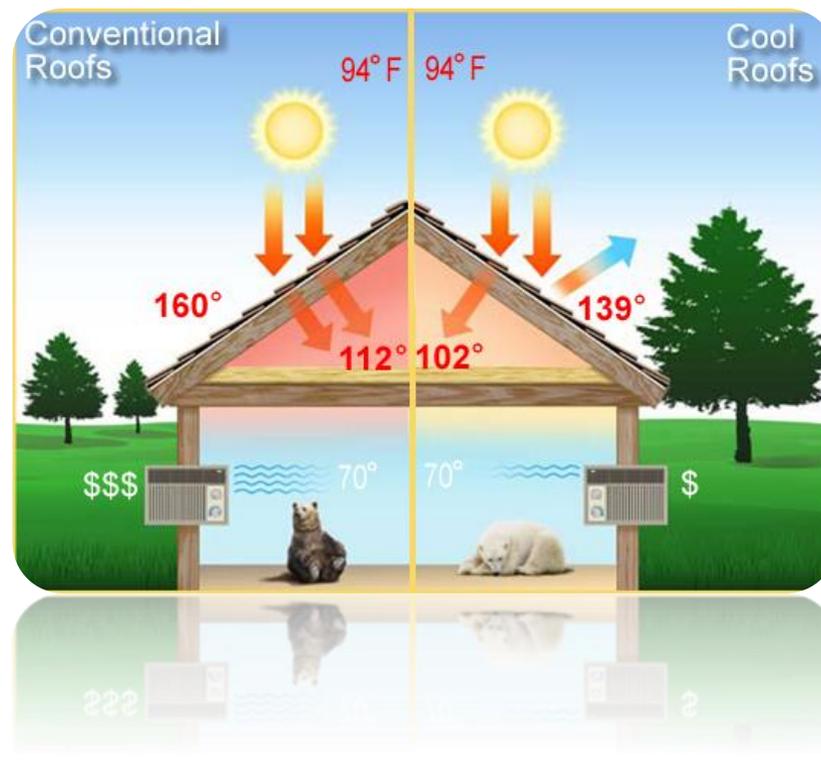
Existe una herramienta que combina estas dos propiedades, denominada Índice de Reflectancia Solar (SRI en inglés), el cual mide la capacidad de un material para rechazar el calor solar.

*"Se define un cuerpo negro estándar (reflectancia 0,05, emitancia 0,9) el cual es igual a 0 y que un cuerpo blanco estándar (reflectancia 0,8 y emitancia 0,9) que es igual a 100. Por ejemplo, el negro estándar tiene un aumento de temperatura de 90°F (50°C) en sol pleno y el blanco estándar tiene un aumento de temperatura de 14,6°F (8,1°C). Una vez calculado el aumento máximo de temperatura de un material determinado, se puede calcular el SRI interpolando entre los valores para blancos y negros."* <sup>48</sup>

Esto indica que mientras más alto el valor de la Emisividad y Reflectancia de un material más frío se mantiene. Entendiendo lo anterior, es posible seleccionar materiales comúnmente utilizados en la construcción y combinarlos para lograr una superficie fría sin grandes costos adicionales.

<sup>48</sup>Departamento de Energía de la Universidad de California. [https://energy.lbl.gov/coolroof/ref\\_01.htm](https://energy.lbl.gov/coolroof/ref_01.htm) Consultado el 13 de noviembre, 2017

## COOL ROOF



Fuente: Ohana, cool roof instalaciones <http://www.ohanaconstruction.us/cool-roof-installation.html>

Por último las superficies de los materiales deben ser idealmente semi-rugosas para favorecer la creación de la gota de agua y así poder decantar por gravedad y no debe ser un material absorbente para obtener la mayor cantidad de agua posible.<sup>49</sup>

\* En LEED, las categorías de crédito para Sitios Sustentables se refieren al SRI como requisito para el cumplimiento del SSC7: Techos - Efecto de Isla de Calor que describe diferentes niveles de SRI para las azoteas de distintas pendientes.

→ **ORIENTACIÓN Y DISEÑO:** El diseño de la superficie en cuanto a forma y orientación es esencial al momento de facilitar la condensación. La Emisividad de los materiales alcanza su mayor efectividad si la superficie posee una inclinación entre 15 a 30% (siendo 30 el ideal) permitiendo que la radiación infrarroja se libere hacia el espacio, reduciendo la posibilidad de rebote en alguna otra superficie. También por esto último se debe mantener despejado el contexto, cosa de que no exista obstáculos que devuelvan el infrarrojo.

---

<sup>49</sup> Entrevista grabada, Carvajal, Danilo. Ingeniero Civil Químico. Entrevistado por el autor. 17 de Mayo, 2017, Santiago

El viento también es un factor que influye ya que resulta perjudicial si impacta contra la superficie, debido a que favorece la evaporación, por lo que si se quiere lograr la mayor eficiencia en la condensación, la superficie en cuestión debe protegerse, manteniéndose opuesta a ellos.

→ **OTROS FACTORES:** Una vez que se comprende bien el fenómeno y sus factores de influencia, es posible llevarlo a entornos más controlados como es el interior de una construcción. En esta situación existen otros factores que influyen en la condensación interna tales como las fuentes de generación de vapor de agua como tipo de actividades, cantidad de personas y equipos; infiltraciones y renovaciones de aire por hora (RAH); volumen del edificio; tiempo; entre otras propiedades de los materiales como transmitancia térmica y espesor. Todos estos son valores que pueden ser obtenidos de tablas o calculados con el fin de determinar la cantidad de agua obtenida por condensación.<sup>50</sup>

---

<sup>50</sup> Yachán Matías. Ingeniero Civil Estructural. Clase de Humedades. Diplomado Arquitectura Sustentable 2017, Universidad de Chile.

## 2.5 INTEGRACIÓN DE TECNOLOGÍAS EN LA ARQUITECTURA

La tecnología es el conjunto de teorías y técnicas que permiten el aprovechamiento práctico del conocimiento científico con las que el hombre desarrolla un mejor entorno,<sup>51</sup> más saludable, agradable y, sobre todo, cómodo para la optimización de las actividades cotidianas. A esto también se le conoce como ciencias aplicadas.

Esta es parte del día a día y del estilo de vida que lleva cada persona. Si bien asociamos este concepto a máquinas y aparatos que funcionan con electricidad, la definición indica que toda evolución de ideas resulta ser tecnología, como el uso del acero en las construcciones o el perfeccionamiento del hormigón armado, en otras palabras, todo avance, evolución o perfeccionamiento de técnicas y conocimiento es tecnología, por lo que vivimos rodeados de ella más allá de celulares y computadoras.

---

<sup>51</sup> Diccionario de la Real Academia Española, RAE. Definición de tecnología. Consultado el 8 de Noviembre, 2017

Según esto, dentro de la labor como arquitectos se manejan una serie de tecnologías aplicadas a materiales, estructuras y técnicas, pero el conocimiento sobre ellos muchas veces resulta limitado.

Existen una serie de propiedades y características que se ignoran incluso con elementos que forman parte cotidiana y constante del trabajo, pasando inadvertidas para aplicarlas con propósitos específicos.

Por mucho tiempo la arquitectura ha trabajado con la ingeniería dedicada a la estructura, pero no ha considerado el conocimiento que puede aportar otras áreas ingenieriles más científicas que incluso parecieran no tener mucha relación con el área de la construcción. Con este proyecto se busca mostrar como la ingeniería científica si es capaz de aportar al conocimiento arquitectónico generando técnicas de captación de agua pasiva a través de una selección de materiales, formas y estructura, las cuales conforman el mismo edificio. Todo con el propósito de fusionar tecnología con arquitectura a través de un trabajo interdisciplinario, el cual expande el conocimiento para un mejor y adecuado manejo de los elementos y herramientas que se disponen y la posibilidad de innovación que esto conlleva.

## 2.5.1 EL EDIFICIO COMO ARTEFACTO BIOCLIMÁTICO

El artefacto se entiende como cualquier objeto fabricado con cierta técnica para ejecutar alguna función específica. Si bien es un concepto usado como sinónimo de máquina, estos son muy distintos, ya que las máquinas necesariamente involucran movimiento o transformación, mientras que los artefactos pueden ser simples elementos tales como mesas o ventanas. Entonces es posible decir que toda máquina es un artefacto, pero no todo artefacto es una máquina.<sup>52</sup>

Otro punto a definir es bioclimática. En arquitectura se le define como aquella que considera en su diseño las condiciones climáticas, aprovechando los recursos disponibles como el sol, la lluvia, el viento, etc. con el fin de generar las condiciones adecuadas para el confort humano de forma pasiva, aportando así al ahorro en el consumo energético, en otras palabras, la edificación se piensa como un ecosistema en sí mismo.

---

<sup>52</sup> Se utiliza la definición de artefacto de Wikipedia porque la definición de la RAE no expresa fielmente el objetivo de este proyecto al definirlo como un sinónimo de máquina. <https://es.wikipedia.org/wiki/Artefacto> Consultado el 14 de noviembre

En este caso, el proyecto fusiona estos dos conceptos de tal forma que el edificio desempeña la función de producir agua gracias a que su diseño considera y estudia las condiciones climáticas y aprovecha los recursos propios del lugar, con el propósito de crear un ambiente confortable y útil para las personas, además de aportar al ahorro en los consumos realizados por su funcionamiento.



# CAPÍTULO 3

---

## Antecedentes Generales

## 3.1 CEAZA

### CENTRO DE ESTUDIOS AVANZADOS EN ZONAS ÁRIDAS

CEAZA es un centro regional de investigación científica y tecnológica de la región de Coquimbo, que nace como parte de una política pública de descentralización de la ciencia en Chile. A partir del año 2002 se generan centros de investigación científica al alero del programa regional de CONICYT. En el año 2003 se crea el CEAZA como parte de un consorcio formado por la Universidad de La Serena (ULS), la Universidad Católica del Norte (UCN), el Instituto de Investigación Agropecuarias (INIA-Intihuasi) y el Gobierno Regional de Coquimbo (GORE Coquimbo) y a partir de junio del 2008, el Centro obtiene su personalidad jurídica como corporación de derecho privado sin fines de lucro.<sup>53</sup>

Sus instalaciones se encuentran repartidas entre el Campus Andrés Bello de la Universidad de La Serena (ULS), el Campus Guayacán de la Universidad Católica del Norte (UCN) y oficinas en la Av. Ossandón 877, Coquimbo, las cuales albergan en su conjunto a más de un centenar de

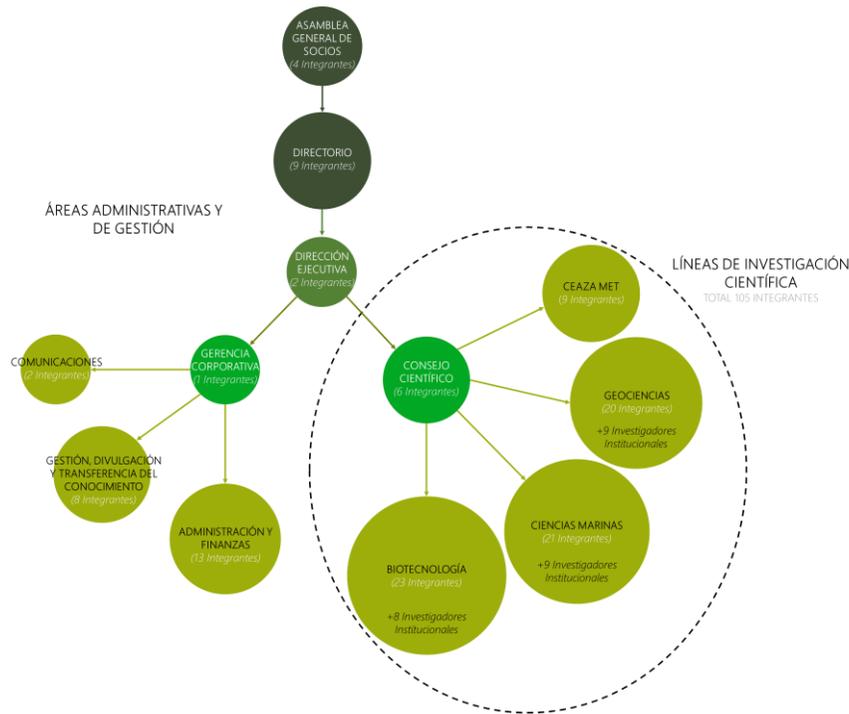
personas entre investigadores, profesionales, administración y apoyo técnico, quienes centran sus actividades en la producción científica, apoyo en la formación de capital humano en ciencia y tecnología, vinculación con el entorno y la protección del medio ambiente y la transferencia del conocimiento.

El centro se encuentra orientado a la comprensión de los efectos de las oscilaciones climático/oceanográficas sobre el ciclo hidrológico y la productividad biológica (natural y bajo cultivo) en las zonas áridas y marinas del centro-norte de Chile. Para llevar a cabo las investigaciones, cuentan con 3 grandes grupos de trabajo denominados como Mar, Tierra y Biotec, los cuales tienen como foco de transferencia la toma de decisiones, el ámbito educacional, los sectores productivos y el público en general, buscando crear ciencia con impacto para mejorar la toma de decisiones y el bienestar de las personas.

El CEAZA y su desarrollo institucional se han convertido en una de las prioridades del plan de trabajo del Gobierno Regional de Coquimbo, lo que se manifiesta en el financiamiento constante que ha entregado durante los años de existencia de la corporación.

<sup>53</sup> Centro de Estudios Avanzados en Zonas áridas, CEAZA. Consultado el 10 de Noviembre, 2017. <http://www.ceaza.cl/quienes-somos/> Consultado el 15 de Noviembre, 2017

## ORGANIGRAMA



Fuente: Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas, CEAZA  
<http://www.ceaza.cl/organizacion/>

## MISIÓN

"Promover el desarrollo científico y tecnológico, a través de la realización de ciencia avanzada a nivel interdisciplinario en zonas áridas, ciencias biológicas y ciencias de la tierra, desde la región de Coquimbo con un alto impacto en el territorio y orientado a mejorar la calidad de vida de las personas, promoviendo la participación ciudadana en la ciencia a través de actividades de generación y transferencia del conocimiento." <sup>54</sup>

## VISIÓN

"Ser un centro de Investigación interdisciplinario en zonas áridas, confiable y transparente, posicionado como un referente a nivel internacional mediante la generación de conocimiento científico para la construcción de políticas públicas focalizados en el desarrollo del país." <sup>55</sup>

<sup>54</sup> Centro de Estudios Avanzados en Zonas áridas, CEAZA. Consultado el 10 de Noviembre, 2017. <http://www.ceaza.cl/quienes-somos/> Consultado el 15 de Noviembre, 2017

<sup>55</sup> Centro de Estudios Avanzados en Zonas áridas, CEAZA. Consultado el 10 de Noviembre, 2017. <http://www.ceaza.cl/mision/> Consultado el 15 de Noviembre, 2017

## 3.2 ESTUDIO DE CAMPO

Según la información recopilada durante el viaje a terreno que realicé en el mes de agosto del presente año, la problemática observada en el ámbito de la investigación a nivel país sobre el déficit de infraestructura adecuada para estas actividades, es un problema real para el CEAZA, principalmente por ser insuficiente para cubrir sus necesidades y albergar a toda la gente que lo compone. Esto en palabras del señor Patricio Jofré, periodista encargado de comunicación y difusión del CEAZA, el cual dice:

*"El tema de la infraestructura es un problema hoy día para el CEAZA, no solo porque no tengamos, sino porque es insuficiente tanto para contener más gente y realizar el trabajo, como para poder reunir a toda la gente del CEAZA en un solo lugar, ya que actualmente nos encontramos dispersos entre la Universidad de La Serena, la Universidad Católica del Norte en Coquimbo y una casa en la misma ciudad"* <sup>56</sup>

<sup>56</sup> Entrevista grabada, Jofré, Patricio. Periodista encargado de comunicación y difusión del CEAZA. 11 de Agosto, 2017, La Serena.

Actualmente, el centro se encuentra realizando las gestiones para llevar a cabo un nuevo proyecto que cuente con las instalaciones necesarias y el espacio requerido para reunir a todos sus integrantes en un solo lugar. Además, esta idea contempla la incorporación de una serie de tecnologías que lo posicionen como un centro emblemático e icónico dentro de la comunidad científica, tanto a nivel país como a nivel internacional, todo con el objetivo de cumplir su propósito de ser un referente y un punto de difusión del conocimiento para todas las personas y en todas las áreas de desarrollo. Esto se establece según lo expuesto por el señor Claudio Vasquez, Gerente Corporativo CEAZA, quien dice:

*"A distintas escalas nos interesa que el CEAZA sea un punto de vinculación y de sensibilización sobre la cultura científica [...]. El rol de este tipo de centro, dentro de la política pública que está detrás de su creación, es que busca descentralizar la ciencia que se hacía en Chile, por lo que hacer ciencia con impacto es fundamental para nuestra labor [...]. Proyectamos este centro como punto de encuentro [...]. De hecho el CEAZA tiene un programa denominado ciencia ciudadana que tiene el objetivo de acercar a las personas al desarrollo científico."*<sup>57</sup>

<sup>57</sup> Entrevista grabada, Vasquez, Claudio. Gerente Corporativo CEAZA. 11 de Agosto, 2017, La Serena.

*"Estamos hablando de un edificio, un centro científico que queremos ser líderes en el mundo, entonces tenemos que tener la cuestión bien armada y si nosotros no somos los encargados de hacer esa propuesta lo más serio posible, quien lo va a hacer. Queremos hacer cosas demostrativas donde las personas puedan ver qué sucede con los procesos [...]. Queremos proyectar un Wetland vidriado, el cual trataría el agua utilizando especias locales para luego inyectarla a las zonas de riego, creando una recirculación y a su vez que forme parte del paisajismo del proyecto. Luego queremos tener espacios que sean abiertos al público, visitado por niños, escuelas etc., pero que el paso hacia los laboratorios se mantenga más restringido. Queremos salas para seminarios, conferencias y exposiciones, biblioteca, cafetería, etc. [...]. Se proyecta un edificio de unos 3.500m<sup>2</sup> para aproximadamente 150 personas y con posibilidad de expansión, contemplando actividades de co-working, oficinas, laboratorios, extensión, 20 líneas de investigación, servicios, espacios públicos, etc. Esto a modo general, aun nos encontramos en el masterplan." <sup>58</sup>*

---

<sup>58</sup> Entrevista grabada, Vasquez, Claudio. Gerente Corporativo CEAZA. 11 de Agosto, 2017, La Serena.

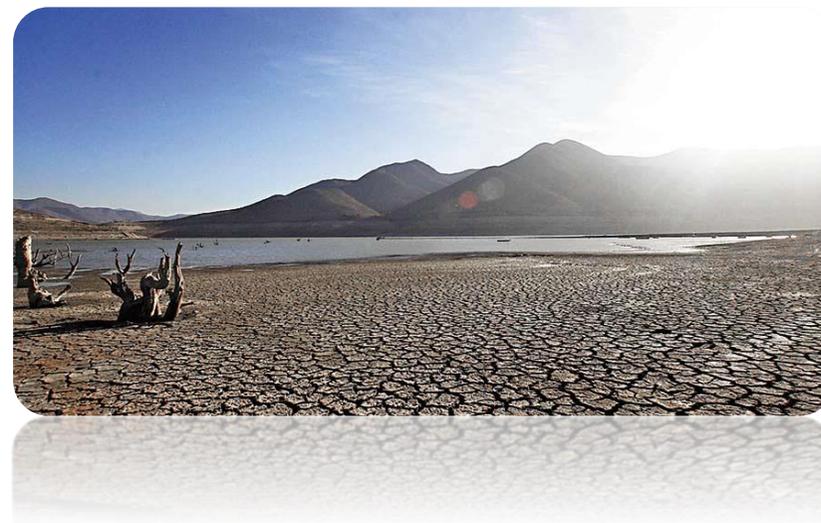
De lo investigado, se establece la necesidad de una nueva infraestructura, más completa y tecnológica capaz de albergar tanto las actividades investigativas más privadas como las públicas dedicadas a la difusión y la formación de nuevo capital humano. Además de establecer un programa general proyectado por el mandante.

## 3.3 LUGAR Y TERRENO

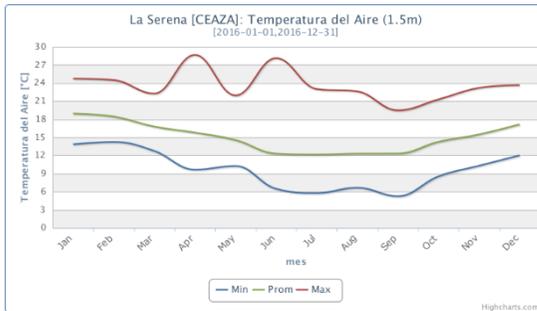
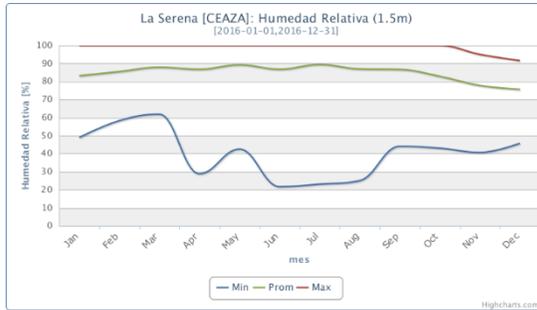
### 3.3.1 CRITERIOS DE LOCALIZACIÓN

Para determinar la ubicación y emplazamiento del proyecto, se consideraron varios aspectos que influyen en el objetivo de este referido en primer lugar a la motivación, luego a los requerimientos por parte de las tecnologías que se quieren implementar y por último al cumplimiento del objetivo del mandante. Estas son:

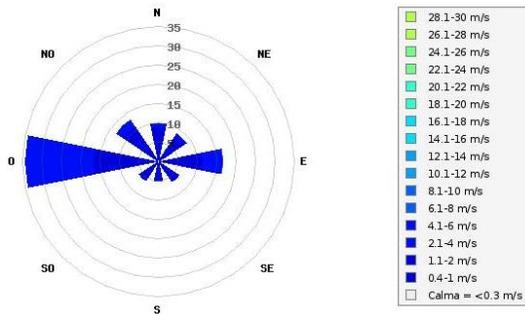
- **Desertificación y zona más afectada:** actualmente este problema afecta a una gran parte del país, desde la I hasta la VIII Región, provocando pérdidas principalmente en el área de producción agrícola y ganadera. De todas las regiones afectadas, la IV región es la que se observa con mayor grado de degradación, afectando tanto a sus habitantes como al resto del país, llegando a tener un 84% de sus tierras erosionadas (2 millones de hectáreas).



Fuente: La Tercera. El desierto de atacama se acerca a Santiago. 8 de Julio, 2015  
<http://www.latercera.com/noticia/el-desierto-de-atacama-se-acerca-a-santiago/>



La Serena [CEAZA]: Dirección de viento (10m)  
[2016-01-01,2016-12-31]



Fuente: CEAZAMET  
[http://www.ceazamet.cl/index.php?pag=mod\\_sensor&e\\_cod=LSC&s\\_cod=LSCDV](http://www.ceazamet.cl/index.php?pag=mod_sensor&e_cod=LSC&s_cod=LSCDV)

- **Clima:** para desarrollar la tecnología enfocada en la obtención de agua a partir de la atmósfera en zonas áridas, es necesario que el clima del lugar presente principalmente una alta humedad absoluta y relativa, es decir, que exista altas cantidades de agua contenidas en un m<sup>3</sup> de aire en forma gaseosa y que el punto de saturación del m<sup>3</sup> se encuentre cercano.<sup>59</sup> Para que esto sea así también influyen otras variables como la temperatura, velocidad del viento, presión y punto de rocío. En el norte de Chile los climas costeros con influencia oceánica cuentan con las condiciones necesarias, por lo que el proyecto puede ser emplazado a lo largo de la zona costera.
- **Importancia urbana:** Para que el proyecto tenga relevancia y sea accesible para el público en general, debe ubicarse en un contexto urbano importante. La ciudad de la Serena y Coquimbo son las grandes urbes de la región y su capital.
- **Vinculación con universidades:** Los objetivos principales del CEAZA consideran la difusión del conocimiento y la formación de nuevo capital humano. Las universidades se dedican a cumplir con este rol dentro de la sociedad, por lo que la vinculación del centro con estas instituciones resulta fundamental y donde ambas partes pueden apoyarse mutuamente en pro de una mejor educación para los jóvenes y el público en general.

<sup>59</sup> Yachán Matías. Ingeniero Civil Estructural. Clase de Humedades. Diplomado Arquitectura Sustentable 2017, Universidad de Chile.

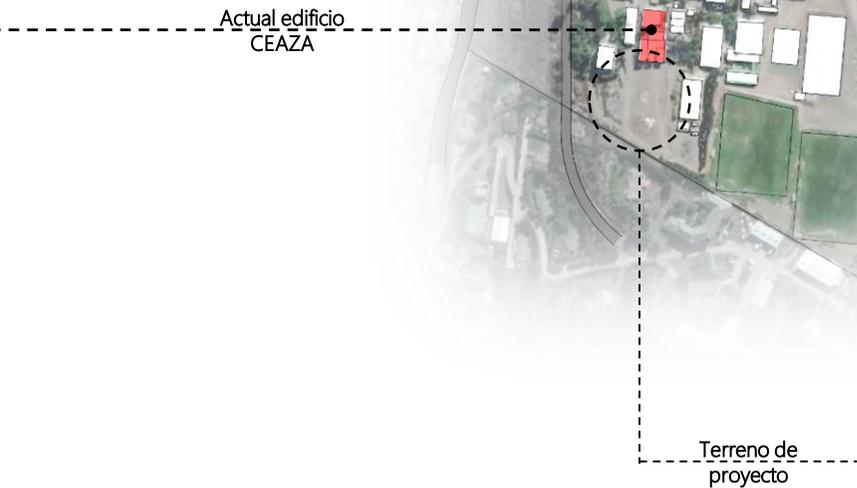
- **Geografía:** Tanto el relieve natural como el urbano del contexto influyen en el clima a nivel de suelo, interfiere con los vientos, con el soleamiento y restringe las vistas. Adicional a esto, está la imagen icónica que se quiere proyectar y su vinculación con lo urbano en cuanto a la accesibilidad y conectividad que un centro de difusión internacional debe tener. De aquí la importancia de evaluar las alternativas al momento de seleccionar el terreno donde emplazar el proyecto.
- **Terreno firme y protegido del mar:** En un país sísmico como lo es Chile es importante considerar la firmeza que deben tener los cimientos y la seguridad que debe proyectar ante la eventualidad de la entrada del mar. Tanto en la ciudad de La Serena como en Coquimbo, existe una extensa franja costera conformada por humedales a nivel del mar, por lo que el terreno debe ubicarse en un sector más resguardado hacia el interior, cercano a la cordillera de la costa.
- **Cercanía acceso valle del Elqui, zona turística:** Siendo la difusión del conocimiento, tanto a nivel nacional como internacional, el propósito principal de la institución y del proyecto, emplazarse cerca del acceso a una de las zonas más turísticas de la región, como lo es el valle del Elqui, lo potencia aún más, siendo un elemento imponente y llamativo que invite al turista a visitarlo como parte de su recorrido.



Fuente: Plano Regulador de la ciudad de La Serena  
<http://transparencia.laserena.cl/ptransact.php?n=65>

### 3.3.2 UBICACIÓN DEL TERRENO

Una de las instalaciones del Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas (CEAZA) se ubica en la ciudad de La Serena, dentro del Campus Andrés Bello de la Universidad de La Serena. Este campus cuenta con un terreno baldío justo al lado de las instalaciones del CEAZA, el cual resulta estratégico no solo por su relación directa con la universidad sino que también con la ciudad, ya que el terreno se encuentra en un punto más elevado, garantizando un contexto despejado para el clima, los vientos, el sol y las vistas. Esto también aporta a una potencial relevancia del proyecto como elemento icónico, llamativo tanto para los habitantes de la ciudad como para los visitantes.



Fuente: Imagen satelital de Google Earth con intervenciones de elaboración propia



# CAPÍTULO 4

---

## Proyecto

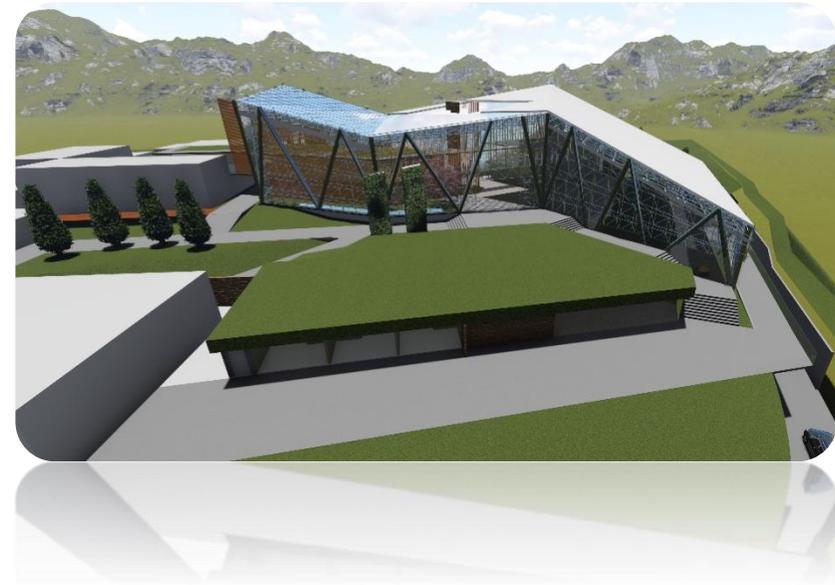
## 4.1 OBJETIVOS

### 4.1.1 GENERAL

Diseñar una infraestructura arquitectónica dedicada a la investigación del cambio climático y la desertificación con la capacidad tecnológica de producir agua a partir de la atmósfera en zonas áridas con el fin de innovar, no solo en el conocimiento que genera, sino que también en la tecnología de edificación, buscando cobijar, pero también enseñar y experimentar, todo bajo el marco de la sustentabilidad en el diseño y lo técnico constructivo.

### 4.1.1 ESPECÍFICOS

- Integrar conceptos de ingeniería en el diseño arquitectónico con el propósito de que el edificio funcione como artefacto eficiente en la captación y uso del agua
- Reducir los costos de funcionamiento del edificio a través del diseño bioclimático y la incorporación de estrategias sustentables
- Ayudar y aportar en la generación de conocimiento tanto por la institución como por el edificio en sí mismo



Fuente: Elaboración propia

## 4.2 PROPUESTA URBANA

Para establecer el emplazamiento del proyecto se consideraron tres puntos urbanísticos que conectan el proyecto con el resto de la ciudad.

### 4.2.1 VIALIDAD

En primer lugar se estudian calles principales, accesos al terreno y trazados peatonales y vehiculares existentes al interior del terreno, estableciendo las conexiones con la ciudad y con el resto del campus.

### 4.2.2 ESPACIOS PÚBLICOS

El trazado de flujos delimita los distintos espacios contribuyendo a determinar el lugar de emplazamiento del edificio y los espacios de uso público. Se definen dos plazas principales, una se abre hacia la ciudad de La Serena aprovechando el terreno elevado y las vistas que entrega y la otra se abre hacia el campus generando un espacio de uso común entre el proyecto y la universidad.



Fuente: Esquema de flujos. Imagen satelital de Google Earth con intervenciones de elaboración propia

### 4.2.3 VISUAL Y PAISAJÍSTICA

La topografía propia del terreno permite generar vistas de conexión entre el proyecto y la ciudad. El terreno elevado no solo permite observar toda la ciudad de La Serena y el mar desde el proyecto, sino que también permite a los ciudadanos contemplar el edificio a distancia atribuyéndole la característica icónica que se busca conseguir.

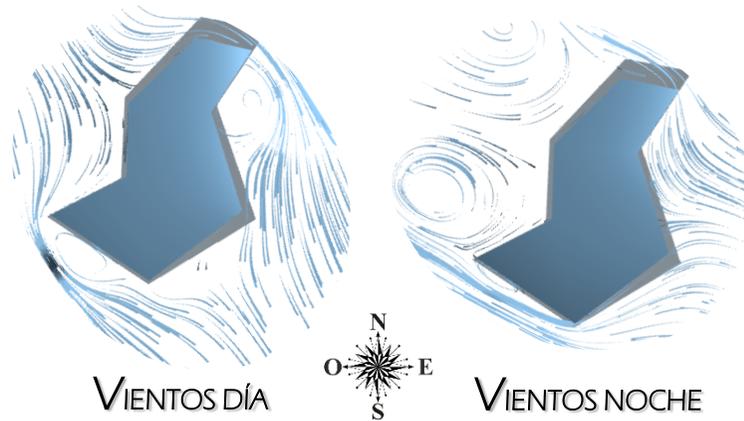
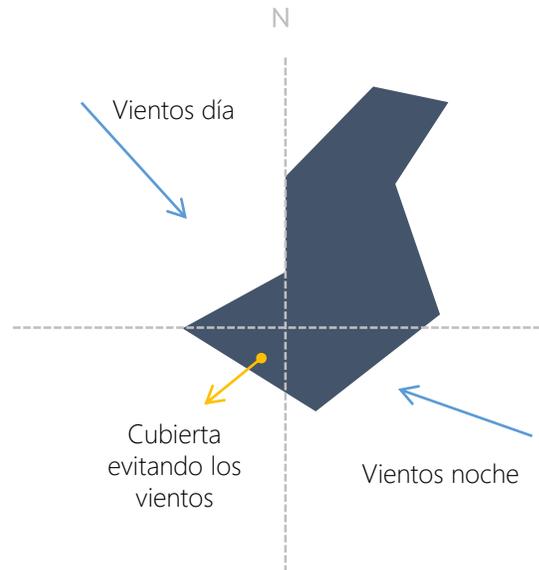
El paisajismo nativo busca resaltar la naturaleza propia del lugar generando un vínculo con su entorno gracias a que la ubicación del proyecto y la universidad se encuentran formando parte de un cordón verde urbano que delimita la zona norte de la entrada al valle del Elqui. Esto también ayuda a crear habitats silvestres y zonas de protección.

#### CORDÓN VERDE



Fuente: Imagen satelital de Google Earth con intervenciones de elaboración propia

## 4.3 PARTIDO GENERAL



Fuente: Esquema en planta, partido general. Elaboración propia

Para diseñar el partido general se consideró lo estudiado en el capítulo 2 punto 2.4 Estudio de Nueva Tecnología junto con algunos criterios bioclimáticos.

### 4.3.1 CONSIDERACIONES TECNOLÓGICAS Y BIOCLIMÁTICAS

Para facilitar la condensación es necesario cumplir con ciertos requisitos en forma y materiales. Para efectos de forma se consideran:

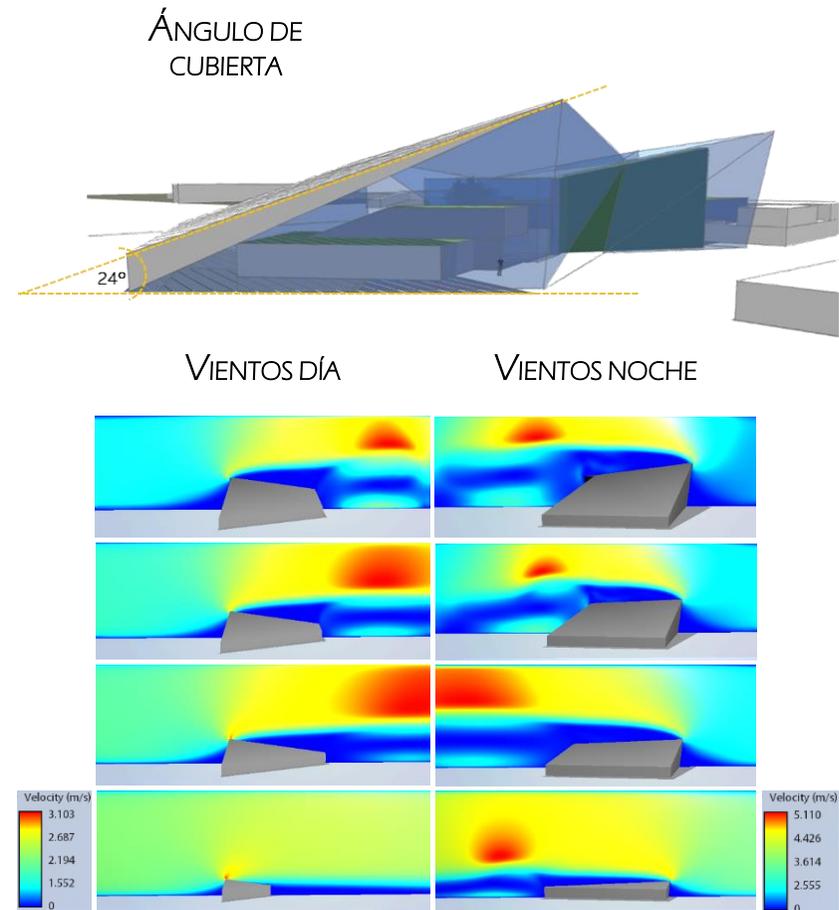
- **ESTUDIO DE VIENTOS PREDOMINANTES:** Los datos climáticos utilizados para este estudio son los entregados por el mismo CEAZA a través de su herramienta CEAZAMET la cual entrega datos actualizados e históricos de las condiciones climáticas de la zona tales como temperatura, humedad, velocidad del viento, dirección del viento, entre otros. Sus instrumentos de medición se ubican en la techumbre del edificio actual del CEAZA en el campus Andrés Bello de la Universidad de La Serena. En primera instancia, una vez establecidos los vientos predominantes, se realiza un

estudio esquemático de la forma en planta considerando la ubicación del norte dentro del terreno, buscando mantener una cara protegida, la cual será la encargada de condensar.

→ **CREACIÓN DE FORMA 3D:** Luego de definida la geometría en planta se establece la cara encargada de la captación por condensación y se busca generar un ángulo ente 15 y 30°, donde el 30 es el ideal. A partir de aquí se pasar del 2D al 3D para luego testear el funcionamiento del partido general ante los vientos predominantes utilizando la herramienta de FLOW DESIGN.

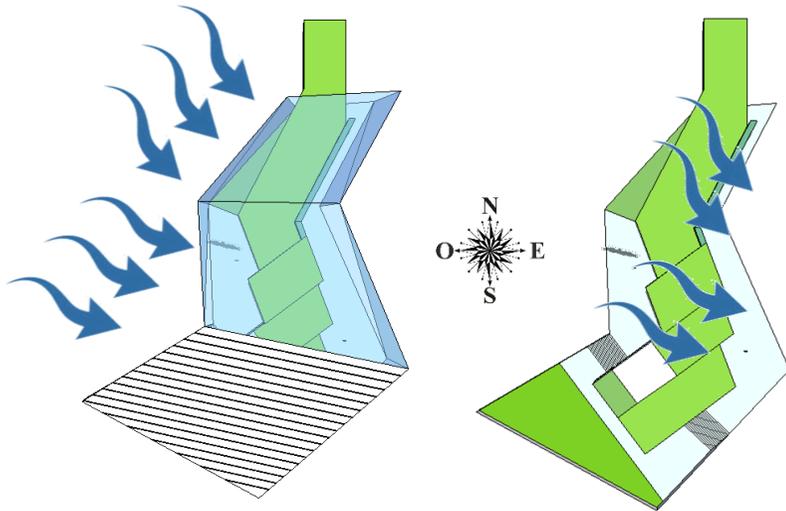
Según se observa en los resultados arrojados por el programa, la cubierta de condensación se mantiene protegida de los vientos gran parte del tiempo en toda su extensión con una pendiente de 24° y gracias al contexto del terreno seleccionado, no se presentan obstáculos que puedan reflejar los rayos infrarrojos.

→ **CUBIERTA DOBLE PIEL:** El siguiente paso es la separación de la cubierta del edificio para evitar traspasos térmicos entre sí y mantener la cubierta fría, por lo que se decide generar una doble piel.



Fuente: Elaboración propia utilizando los programas Flow Design y SketchUp

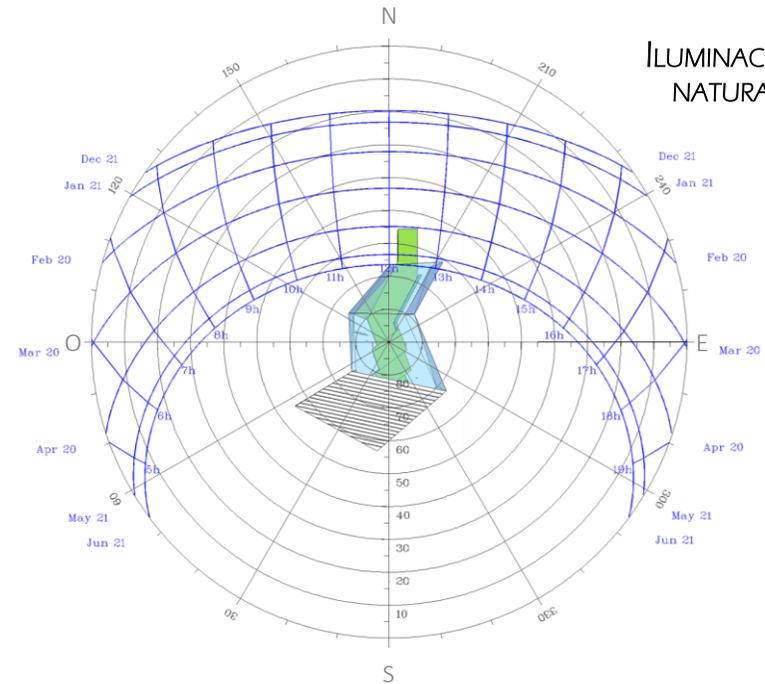
### VENTILACIÓN CRUZADA



Fuente: Elaboración propia

→ **CONSIDERACIONES BIOCLIMÁTICAS:** La forma considera el norte, el movimiento del sol y los vientos para luego diseñar el edificio interior de forma bioclimática para lograr niveles adecuados de iluminación natural durante todo el día y la ventilación necesaria que requiera cada espacio. Esto ayuda a decidir la distribución programática según las actividades que se realicen en cada espacio.

### ILUMINACIÓN NATURAL



Fuente: Elaboración propia

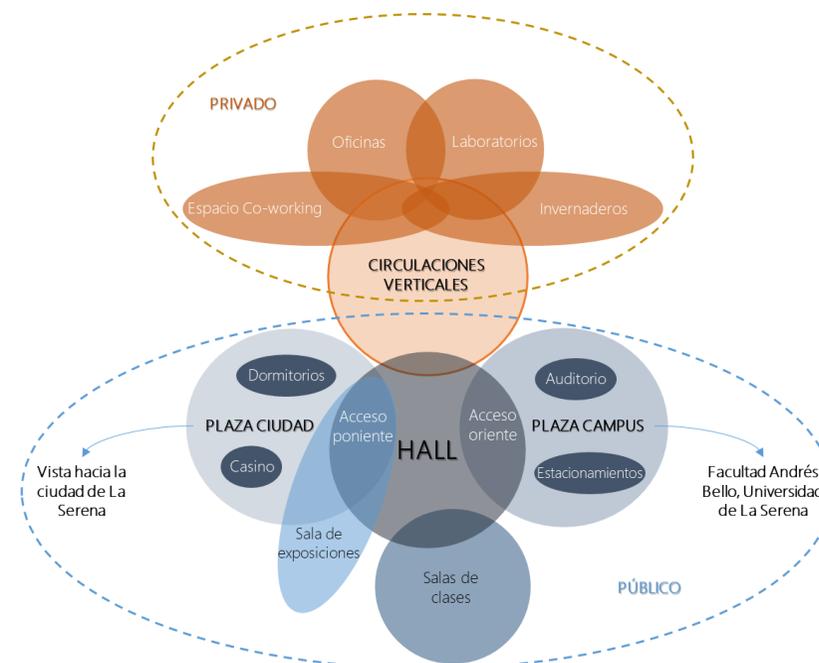
## 4.4 PROPUESTA PROGRAMÁTICA

El proyecto se compone de dos tipos de programas: uno dedicado al uso público y otro al uso privado, donde ambos se relacionan entre sí por conexiones visuales a través de abalconamiento de circulaciones y espacios privados sobre los espacios públicos, pero no existe una conexión física directa, es decir que los espacios privados mantienen acceso restringido a cualquier persona que no sea personal autorizado. Para lograr esto se distribuye el programa público en la horizontal del proyecto a nivel de piso y subterráneo, mientras que el programa privado se organiza en la vertical formando el edificio con tres niveles más el subterráneo.

### 4.4.1 PROGRAMA PÚBLICO

Este programa posee espacios abiertos a todo público y estudiantes de la facultad. Posee dos plazas, una orientada al costado poniente del edificio abriéndose hacia la ciudad de La Serena y la otra en el costado oriente recibiendo las circulaciones peatonales provenientes del campus. Bajo la primera plaza se ubican el casino y los departamentos para recibir a aquellos profesionales que vengan de paso al centro y bajo la

### ORGANIGRAMA PROGRAMÁTICO



Fuente: Elaboración propia

segunda plaza se ubica el auditorio donde se pueden realizar charlas, conferencias, cursos, entre otros con una capacidad de 182 personas. Al interior de la cubierta se genera una explanada como espacio intermedio que permite la realización de exposiciones u otras actividades similares, además de conectarse visualmente con el invernadero más grande del proyecto, estregando la posibilidad a los visitantes de observar el trabajo de los investigadores con las especies vegetales y de apreciar el funcionamiento de la cubierta de condensación. Finalmente, al interior del edificio, se dispone de tres salas de clases con capacidad de movilizar los tabiques para permitir la fusión de estos espacios y disponer de una mayor superficie si la actividad lo requiere.

\*El programa cuenta con servicios sanitarios públicos en el casino, auditorio y hall central para hombres, mujeres y discapacitados, estacionamiento de bicicletas, estacionamiento vehicular, rampas y áreas verdes.

#### 4.4.2 PROGRAMA PRIVADO

El programa privado está constituido por 12 laboratorios correspondientes a los 12 grupos de investigación que alberga el edificio, los cuales se reparten 3 en el primer nivel y 9 en el subterráneo. Aquellos que se disponen en el primer nivel tienen mayor acceso a la iluminación natural, los que se ubican en el subterráneo hacia el norte

son aquellos que necesitan manejar de forma más controlada las condiciones internas y los ubicados en el subterráneo en la zona sur tienen conexión directa con el gran invernadero, facilitando el trabajo con las especies vegetales. En el segundo piso en la zona norte del edificio se disponen 12 oficinas las cuales albergan a los 12 cabecillas de cada grupo de investigación con la capacidad de 2 a 3 estaciones de trabajo cada una. También se contempla una sala de reuniones, área de café y descanso, biblioteca, terraza, servicios sanitarios, conexión con el tercer nivel donde se ubican los invernaderos secundarios y conexión directa con el edificio existente del CEAZA el cual albergará el programa administrativo del centro. En la zona sur en este mismo nivel se dispone de un espacio de co-working con capacidad de adaptarlo a distintas necesidades según lo requiera la actividad como la instalación de puestos de trabajo para recibir estudiantes o profesionales invitados que vengan a apoyar alguna investigación. En el tercer nivel en el lado norte del edificio se establecen dos invernaderos secundarios y una terraza exterior y en el sur otro espacio de co-working con capacidad de adaptación según se requiera. Todo esto unido en la vertical por la caja escalera y ascensor contenidas en el hall central el cual articula todos los espacios tanto en la horizontal como en la vertical.

\*El casino y el auditorio poseen conexión con los laboratorios subterráneos por accesos restringidos, permitiendo el fácil y cómodo traslado de los trabajadores hacia estas áreas sin necesidad de salir del edificio.

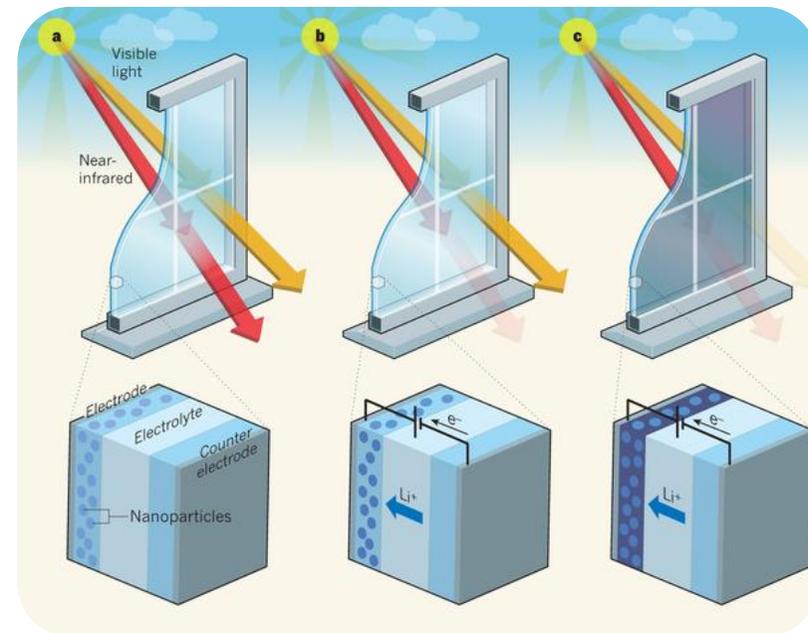
## 4.5 PROPUESTA ESTRUCTURAL Y MATERIAL

En primer lugar, la cubierta se estructura por sí misma con un sistema constructivo y material distinto al implementado en el edificio. Las chimeneas de condensación tienen como propósito no solo producir agua, sino que también ser puntos de apoyo para la cubierta y una conexión con el terreno y con el edificio.

### 4.5.1 CUBIERTA

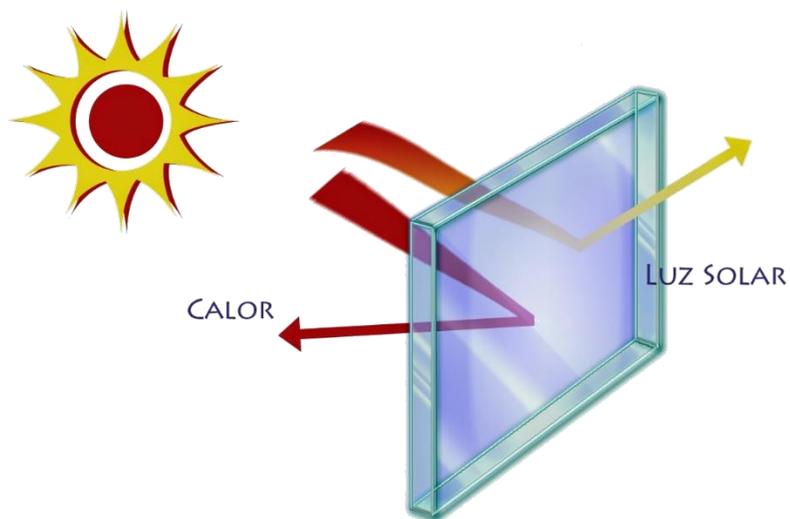
La cubierta se estructura a través de una estereométrica metálica la cual permite salvar grandes luces sin apoyos intermedios, manteniendo despejados los espacios interiores. Esta estructura se extiende a las caras laterales para evitar deformaciones por fuerzas de viento o sismos, apoyadas en pilares metálicos empotrados en su base ubicados en las aristas perimetrales de la cubierta. Esta estructura se recubre por dos materiales: vidrio inteligente en las zonas transparentes y un material

### VIDRIO INTELIGENTE ELECTROMAGNÉTICO



Fuente: Naukas. Nuevo material electromagnético para ventanas inteligentes  
<http://francis.naukas.com/2013/08/22/nuevo-material-electrocromatico-para-ventanas-inteligentes/>

### VIDRIO DE CONTROL SOLAR



Fuente: Blogspot. Soluciones en vidrio y aluminio <http://gpotecno.blogspot.cl/>

con un alto índice de reflectancia solar (SRI) en la superficie de condensación. El primero es un tipo de vidrio que puede cambiar sus propiedades de transmisión de luz, es decir, su opacidad, cuando se aplica una corriente eléctrica. Si además a este se le agrega la característica de control solar, el cual refleja el infrarrojo, es decir, el calor, es posible evitar el sobrecalentamiento al interior de la cubierta, manteniendo espacios más frescos sin necesidad de sistemas de enfriamiento activos. En cuanto al material opaco que constituye la cubierta de condensación, la selección de los materiales se basa en tres criterios: uno es el alto nivel de emisividad y reflectividad (SRI) que debe cumplir para mantener la superficie fría, el segundo es el grado de rugosidad el cual permite que se generen gotas con el peso suficiente para decantar por gravedad y el tercero es que sea impermeable, cosa de que no existan pérdidas por absorción. Es posible cumplir con los tres requisitos, combinando distintos materiales como por ejemplo una base de vidrio irregular recubierto con una pintura reflectante blanca. El vidrio posee un alto índice de emisividad mientras que la pintura otorga la alta reflectividad logrando una superficie rugosa pero impermeable que permite el deslizamiento de las gotas de agua y con la capacidad de mantenerse fría.

## 4.5.2 EDIFICIO

El edificio se estructura mediante un nuevo sistema constructivo basado en pilares y losas de hormigón armado sin vigas. Es una estructura más liviana y con menos consumo de materiales, ahorrando hasta un 30% en hormigón y un 20% en acero y hasta un 50% en mano de obra, aportando también en el ámbito de lo sustentable. Esta permite salvar luces hasta 16m, entregando mayor flexibilidad al momento de diseñar los espacios interiores, sin descuidar la resistencia necesaria para soportar el peso de las cubiertas de techo verde. Este método consiste en losas de hormigón armado con esferas o discos plásticos en su interior los que permiten asegura la plasticidad necesaria para absorber cargas estáticas y dinámicas tales como la carga sísmica y la fuerza del viento por la colaboración entre tabiques de fachada, losas y núcleo. El comportamiento estructural y el método de cálculo usado para las losas es idéntico al de una losa maciza. Está comprobada, por pruebas de carga in situ, una mayor resistencia a la flexión y deformación comparada a las losas macizas, debido a la reducción del peso propio.<sup>60</sup>

→ **TECHO VERDE:** Dentro del proyecto se consideran dos tipos de techo verde, el primero es el que conforma la plaza poniente sobre el casino y los departamentos para invitados. Este debe contar con la

<sup>60</sup> Prenova, diseño estructural. <http://www.prenovaglobal.com/index.php/es/losas-sin-vigas-con-esferas-o-discos/> Consultado el 20 de Noviembre, 2017



Desde 15 cm hasta 28 cm  
Losas con discos



Desde 28 cm hasta 42 cm  
Losas con esferas

Fuente: Prenova. Losas sin vigas con esferas o discos  
<http://www.prenovaglobal.com/index.php/es/losas-sin-vigas-con-esferas-o-discos/>

## 4.2 Cubierta ajardinada intensiva adecuada para el tránsito de peatones

Sobre soporte de hormigón

Con aislamiento

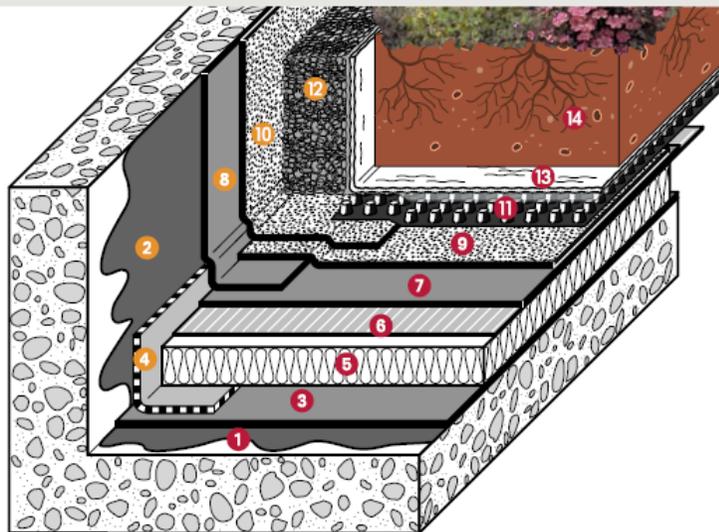
Sistema de impermeabilización bicapa de betún elastómero SBS soldado

Pendiente

0 a 5%

600kg/m<sup>2</sup>

Preflex + Graviflex con tierra y vegetación tradicional



**1** Imprimación bituminosa Siplast Primer.

**2** Remate: imprimación bituminosa Siplast Primer.

**3** Barrera de vapor soldada Irex Profil.

**4** Remate: barrera de vapor soldada Irex Profil.

**5** Aislamiento: poliisocianurato con compuesto o revestimiento reforzado de fibra, fibra de perlita y vidrio celular con superficie de betún.\*

**6** Capa de separación Verecran 100.

**7** Preflex con solapas soldados.

**8** Remate: Preflex soldada.

**9** Graviflex soldada.

**10** Remate: Graviflex soldada.

**11** Lámina de drenaje Draina G10.

**12** Protección perimetral con grava (o Draina G10 para superficies < 100m<sup>2</sup>).

**13** Geotextil Gravifiltre horizontal y vertical a lo largo de los remates.

**14** Capa de tierra (> 30cm de altura según el tipo de vegetación).

\* Consultarse la documentación técnica del proveedor y la normativa local a fin de cumplir todos los requisitos de construcción y de seguridad. El aislamiento térmico se fija con 1 o 2 fijaciones mecánicas. Véase el manual de instalación del proveedor.

Fuente: Catálogo Siplast. Cubiertas Ajardinadas Intensivas y Ecológicas. p. 9. Consultado el 20 de Noviembre, 2017.

capacidad de ser transitable y soportar una vegetación más alta como arbustos o incluso árboles medianos. La cubierta ajardinada o intensiva parte de un grosor mínimo de sustrato de 30cm hasta 1m dependiendo de la vegetación y la cantidad de cargas. Con un sustrato mínimo, la carga es de 600Kg/m<sup>2</sup> del sistema con lo cual es posible realizar un cálculo estructural para determinar el espesor de la losa.<sup>61</sup>

El segundo tipo de techo verde es el que conforma los invernaderos secundarios ubicados en el tercer nivel del edificio. Este no mantiene plantaciones directamente en la losa, sino que debe sostener la carga de una estructura de madera que contiene jardineras y circulaciones. Esto permite un mejor control del drenaje e incluso traslado de especies vegetales. En ambos casos el agua drenada es recolectada para ser usada nuevamente para riego.

<sup>61</sup> Catálogo Siplast. Cubiertas Ajardinadas Intensivas y Ecológicas. p. 9. Consultado el 20 de Noviembre, 2017.

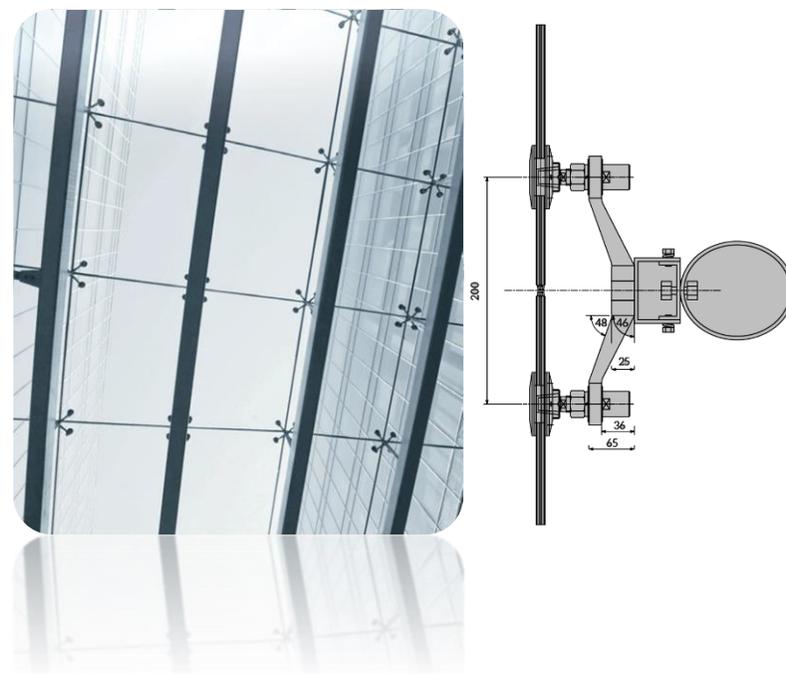
### 4.5.3 CHIMENEAS DE CONDENSACIÓN

Las chimeneas se estructuran con el sistema Spider<sup>62</sup> de muro cortina, donde los pilares de acero se ubican hacia el exterior dejando el vidrio hacia el interior. Este sistema permite mantener los vidrios lo más unidos posible para generar una superficie lisa dejando solo un pequeño espacio entre cada paño de vidrio el cual es sellado. La estructura metálica externa permite además sostener las enredaderas que cubren las chimeneas para evitar que el vidrio se exponga al sol y a altas temperaturas que puedan perjudicar el proceso de condensación interno de estas. Los pilares metálicos se extienden hasta llegar a la cubierta para otorgarle un punto de apoyo.

Como la vegetación evita el calentamiento y mantiene húmedo y fresco la superficie del vidrio, este no requiere de especificaciones especiales, su alta emisividad por defecto permite perder calor más rápido que otros materiales y su grosor al ser mínimo evita que acumule temperatura. El acero de la estructura debe ser protegido ante la humedad que generarán las enredaderas para evitar que se oxiden.

<sup>62</sup> Catálogo Glasstech. Fachadas y Muros Cortina. Consultado el 20 de Noviembre, 2017.

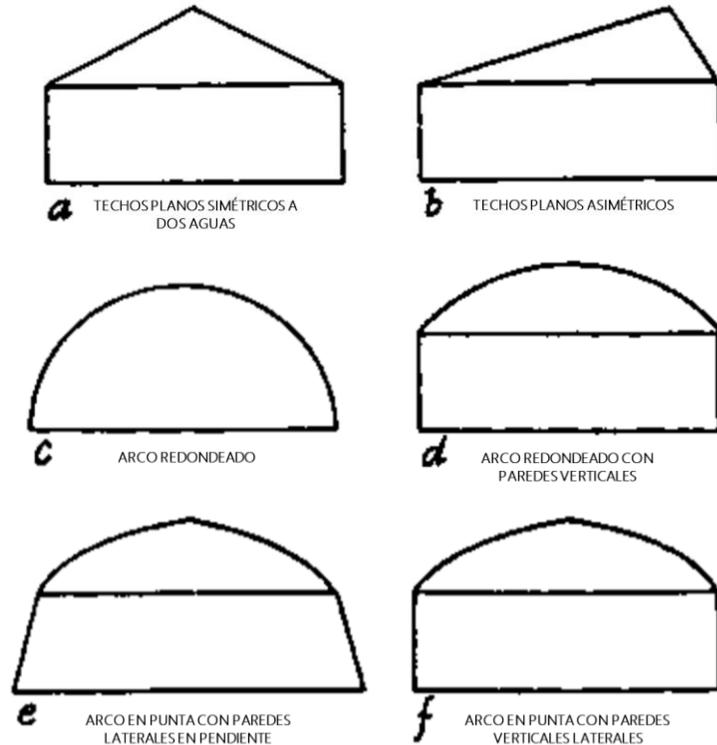
SISTEMA SPIDER  
MURO CORTINA



Fuente: Catálogo Glasstech. Fachadas y Muros Cortina. Consultado el 20 de Noviembre, 2017.

## 4.5.4 INVERNADEROS

### FORMAS DE INVERNADEROS



Fuente: El cultivo protegido en clima mediterráneo. Manual sobre producción y protección vegetal. <http://www.fao.org/docrep/005/s8630s/s8630s05.htm> Consultado el 28 de Noviembre, 2017.

Los invernaderos que se ubican dentro del proyecto se estructuran por sí mismos, separados de la estructura principal, ya que requieren de ambientes controlados según el tipo de vegetación que se cultive. Su forma depende de la geometría inclinada de la cubierta de condensación, por lo que el invernadero a utilizar será el de techo plano asimétrico.<sup>63</sup> En el punto más alto de la techumbre es donde se acumula el calor y el vapor de agua, el cual puede ser aprovechado para generar condensación por evapotranspiración de las plantas, permitiendo generar un micro-ciclo de agua en su interior, regándolas con la misma agua recolectada.

La estructura del invernadero principal es tipo galpón con uso de material de acero debido a su altura y sus grandes luces. Como se encuentra protegido por la cubierta de todos los factores externos que generan esfuerzos como viento, el cálculo estructural debe abocarse a sostener su propio peso más las estructuras internas de riego y equipos. El recubrimiento debe cumplir, para efectos del proyecto, la mayor transparencia a la radiación solar, evitando materiales opacos, por lo que los más recomendados son el vidrio o el policarbonato.<sup>64</sup>

La estructura para los invernaderos secundarios debe ser lo más liviana posible, ya que se ubican en el 3 nivel del edificio, por lo que puede ser de acero galvanizado con espesores mínimos mientras que su cubierta puede utilizar plásticos rígidos de policarbonato o poliéster.

<sup>63</sup> Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO. (2002) El cultivo protegido en clima mediterráneo. Manual sobre producción y protección vegetal. <http://www.fao.org/docrep/005/s8630s/s8630s05.htm> Consultado el 28 de Noviembre, 2017.

<sup>64</sup> Novedades agrícolas. Materiales para Invernaderos. <http://www.novedades-agricolas.com/es/venta-invernaderos-novedades/materiales-y-estructuras/materiales-para-invernaderos> Consultado el 20 de Noviembre, 2017

## 4.6 INTEGRACIÓN DE TECNOLOGÍAS SUSTENTABLES

En primer lugar, la sustentabilidad busca generar un equilibrio de forma holística a toda escala, desde el edificio hasta las ciudades. Es por esto que el diseño debe pensarse dentro de un marco de acción que abarque en lo posible todos los ámbitos que conviven en cada proyecto. Bio-Regional en una organización benéfica que tiene como misión crear y ofrecer soluciones prácticas para un desarrollo sustentable a nivel mundial. *One Planet Living* es una iniciativa creada por esta organización para generar un marco de acción ante la realización de proyectos sostenibles. Este marco se encuentra constituido por diez principios, donde cada uno abarca un tema o proceso que debe planificarse al momento de diseñar una construcción. Cada principio se entiende como un subsistema dentro del funcionamiento de una construcción, los cuales deben ser estudiados en sus procesos y ciclos para así poder generar estrategias que permitan el ahorro energético, adecuado uso de los recursos naturales, disminución de contaminantes y manejo de desechos.<sup>65</sup>

<sup>65</sup> Bioregional, One Planet Living, [www.bioregional.com](http://www.bioregional.com) Consultado el 1 de Noviembre, 2017

### PRINCIPIOS ONE PLANET LIVING

<b>Zero carbon</b>	making buildings more energy efficient and delivering all energy with renewable technologies
<b>Zero waste</b>	reducing waste, reusing where possible, and ultimately sending zero waste to landfill
<b>Sustainable transport</b>	encouraging low carbon modes of transport to reduce emissions, reducing the need to travel
<b>Sustainable materials</b>	using sustainable and healthy products, such as those with low embodied energy, sourced locally, made from renewable or waste resources
<b>Local and sustainable food</b>	choosing low impact, local, seasonal and organic diets and reducing food waste
<b>Sustainable water</b>	using water more efficiently in buildings and in the products we buy; tackling local flooding and water course pollution
<b>Land use and wildlife</b>	protecting and restoring existing biodiversity and natural habitats through appropriate land use and integration into the built environment
<b>Culture and heritage</b>	reviving local identity and wisdom; supporting and participating in the arts
<b>Equity and local economy</b>	creating bioregional economies that support fair employment, inclusive communities and international fair trade
<b>Health and happiness</b>	encouraging active, sociable, meaningful lives to promote good health and well being

Fuente: Bioregional, One Planet Living <http://positiveimpacetevents.com/pages/one-planet-living-10-guiding-principles-envisioned-by-bioregional-in-partnership-with-wwf>

El diseñar dentro de estos parámetros nos permite tener una visión mucho más completa del funcionamiento interno y externo de una edificación, su funcionamiento, procesos y relaciones con su contexto. A continuación se especifican las estrategias consideradas dentro del proyecto clasificadas dentro de 9 de los 10 principios descritos por *One Planet Living*.

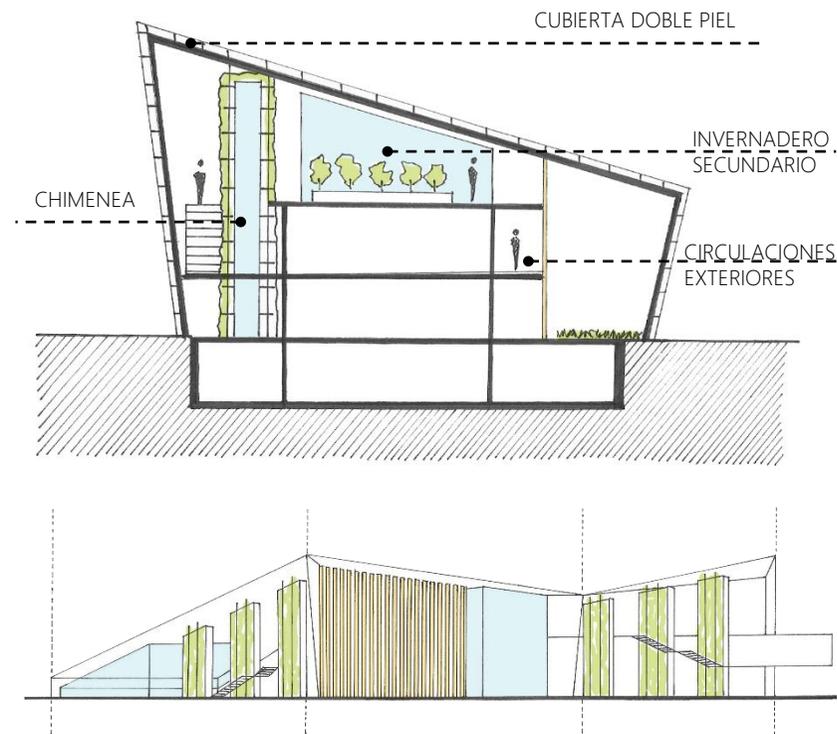
AGUA SUSTENTABLE	CERO CARBONO	CERO BASURA	TRANSPORTE SUSTENTABLE	MATERIALES SUSTENTABLES	USO DE SUELO Y BIODIVERSIDAD	CULTURA Y PATRIMONIO	EQUIDAD Y ECONOMÍA LOCAL	SALUD Y BIENESTAR
Cubierta	Aislación en envolvente, doble piel	Compresión de basura	Bus eléctrico de acercamiento	Baja energía incorporada	Sistemas de drenajes	Información y educación sustentable al usuario	Accesibilidad para discapacitados	Confort térmico, lumínico y acústico
Chimenes de condensación	Bioclimática, iluminación natural	Instalaciones de reciclaje	Bicicletas y caminata	No tóxicos	Paisajismo nativo: creación de hábitats	Instalación educativa	Mano de obra local	Espacios flexibles: Planta libre
Biojardineras	Artefactos eficientes	Compost		Materiales locales				Automatización
Invernaderos	Automatización							Áreas verdes
Artefactos eficientes	Ventilación natural							Promover educación y cultura
Reutilización de aguas grises	Biogas							Intercambio social
Biodigestores y lombrifiltros	Paneles fotovoltaicos							
Vegetación autóctona en paisajismo	Regulación térmica y limpieza de aire por vegetación							

Fuente: Elaboración propia

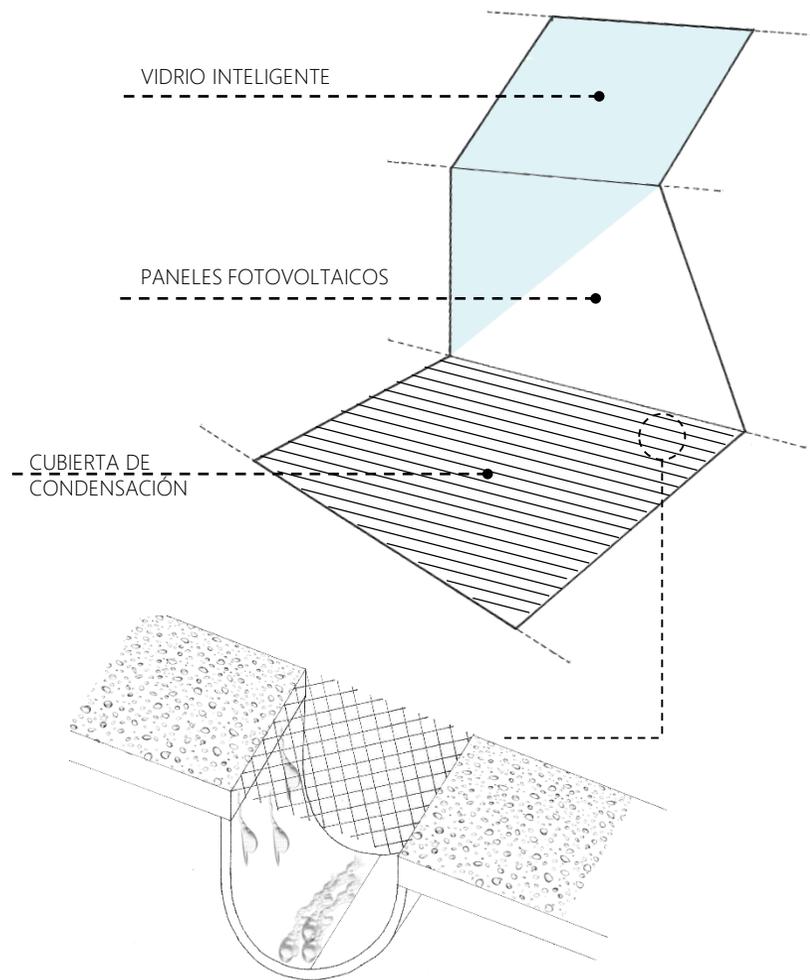
## 4.6.1 AGUA SUSTENTABLE

El agua es el recurso principal al cual se enfoca este proyecto y en donde se aplica lo estudiado como nueva tecnología, por lo que es el principio desarrollado en mayor detalle. A continuación se enumeran las tecnologías sustentables aplicadas a la captación, reutilización y limpieza de las aguas utilizadas dentro del proyecto. Por último se presenta un esquema que explica la distribución de estas dentro del edificio.

→ **CUBIERTA:** La cubierta está compuesta de dos materiales, uno translucido en la zona norte y otro opaco brillante en la zona sur. Es en este último en donde se produce la condensación por lo que solo un paño de esta se le denomina cubierta de condensación, mientras que el resto tiene por función albergar los paneles fotovoltaicos (en su zona opaca) y recolectar el agua lluvia. En cuanto a su forma, la cubierta de condensación cumple con las condiciones descritas anteriormente, con un ángulo de inclinación de  $24^\circ$ , sin obstáculos cercanos y opuesta a los vientos gracias al diseño del partido general. Además, como la superficie debe mantenerse fría y sin traspasos térmicos provenientes del resto del edificio, se decide separar la cubierta a modo de una doble piel.



Fuente: Corte esquemático transversal y longitudinal. Elaboración propia



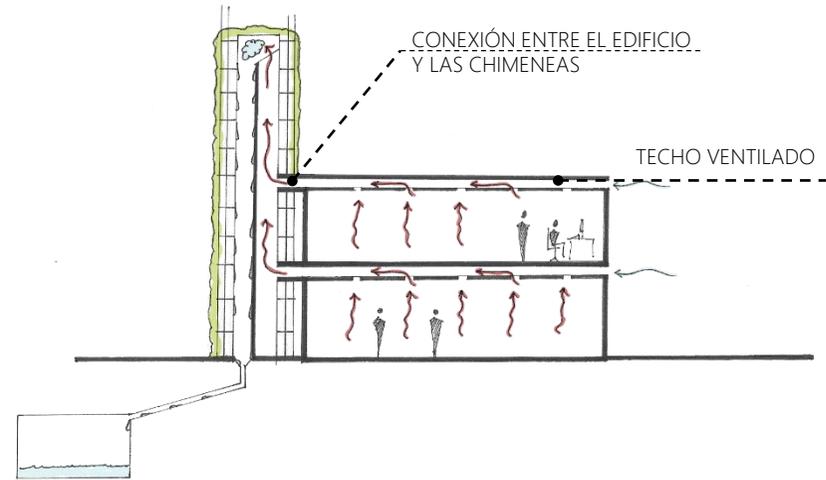
Fuente: Planta de techo y detalle constructivo esquemáticos. Elaboración propia

Este diseño también cumple otras funciones bioclimáticas como la regulación térmica y limpieza del aire gracias a sus espacios intermedios poblados de vegetación; evita que el edificio tenga contacto directo con las variaciones térmicas exteriores, proporcionando una especie de amortiguador o aislante térmico; permite incorporar áreas verdes al interior del proyecto aportando a un ambiente agradable y confortable de trabajo; y la materialidad transparente en su mitad norte permite el paso de la iluminación natural a todo el edificio.

La cubierta de condensación se secciona horizontalmente cada 2m formando paños separados entre sí por 10cm donde se dispone una rejilla que tiene por función retener elementos tales como ramas, hojas, papeles entre otros que puedan causar obstrucción en el sistema. Bajo esta se instalan canaletas, las cuales recolectan y transportan el agua que decanta por gravedad, esta pasa por un sistema básico de filtración para luego llegar a los estanques de acumulación subterráneos ubicados en el extremo sur-poniente de la cubierta. El agua obtenida de este proceso es una de las más limpias junto con el agua de lluvia, por lo que sus usos son variados, llegando incluso a formar parte del agua potable si se trata con este fin.

→ **CHIMENEAS DE CONDENSACIÓN:** Las chimeneas de condensación son elementos arquitectónicos y estructurales que tienen por función condensar el agua generada al interior del edificio por la actividad de sus trabajadores y la cantidad de personal. Basado en el mismo estudio descrito en el punto 2.4 y con ayuda del profesorado del diplomado de Arquitectura Sustentable de la Universidad de Chile, se desarrolla una propuesta de ventilación natural + techos ventilados + materialidad que conforman un sistema de recolección y captación de agua interna.

→ **BIOJARDINERAS:** Las biojardineras son sistemas de filtración y limpieza de aguas grises (aquellas que provienen de lavaplatos, lavamanos, duchas y lavadoras entre otros) mediante el uso de plantas acuáticas y semi-acuáticas, quienes a través de sus raíces y la tierra van extrayendo los componentes químicos y las partículas en suspensión contenidas en el agua. Existen 3 tipos: Humedales, flujo superficial y flujo sub-superficial. Por temas de olores y mosquitos, la mejor opción es la de flujo sub-superficial, la cual está compuesta por un lecho poroso o lechoso (grava, arena, tierra, carbón, entre otros) que soporta el crecimiento de la vegetación semi-acuática. El nivel del agua está por debajo de la superficie del soporte y fluye únicamente a través del medio que sirve para el crecimiento de la

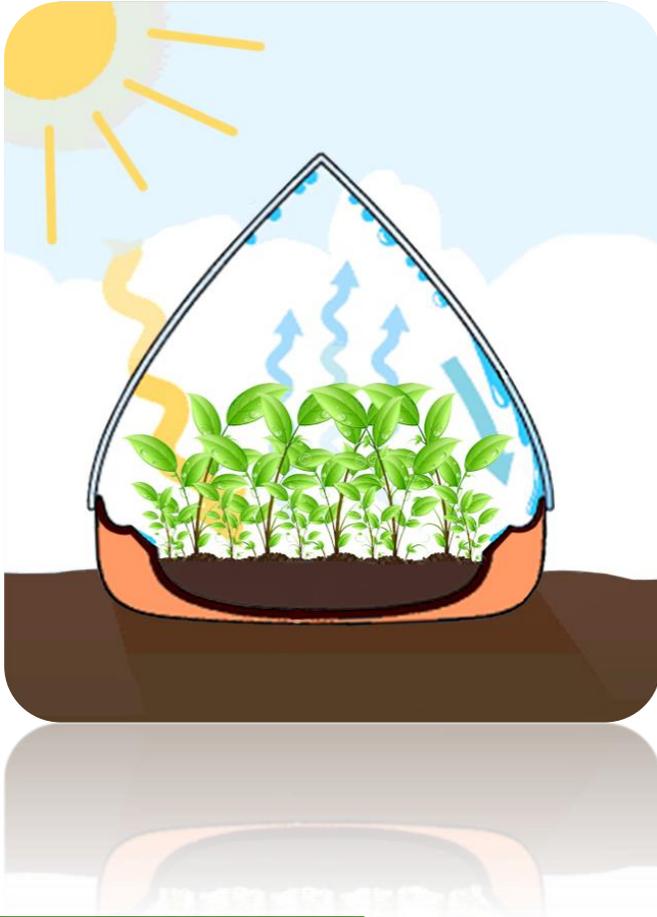


Fuente: Funcionamiento esquemático de las chimeneas. Elaboración propia



Fuente: Catedra libre. Municipios sustentables. Universidad Nacional de la Plata. Diciembre 2016. [municipiossustentables.blogspot.cl/2016/04/procesos-extensivos-depuracion-natural.html](http://municipiossustentables.blogspot.cl/2016/04/procesos-extensivos-depuracion-natural.html)

## INVERNADERO



Fuente: Elaboración propia a partir de la imagen de destilador solar.

película microbiana, que es la responsable en gran parte del tratamiento, en donde las raíces penetran hasta el fondo del lecho.<sup>66</sup>

\* Es importante señalar que todos estos sistemas requieren de un paso previo llamado cámara desengrasadora, la cual tiene la función de separar las grasas del agua antes de ingresarla a las biojardineras.

→ **INVERNADEROS:** Los invernaderos también pueden producir agua si se condensa la evapotranspiración de las mismas plantas. El sistema utiliza la misma lógica que el destilador solar, el cual es utilizado para obtener agua del mar, desalinizándola a través de la evaporación producida por el sol y posteriormente condensándola en las paredes decantando hacia los costados donde es recogida. Esto requiere de un diseño del invernadero que permita condensar y recolectar el agua exudada de las plantas.

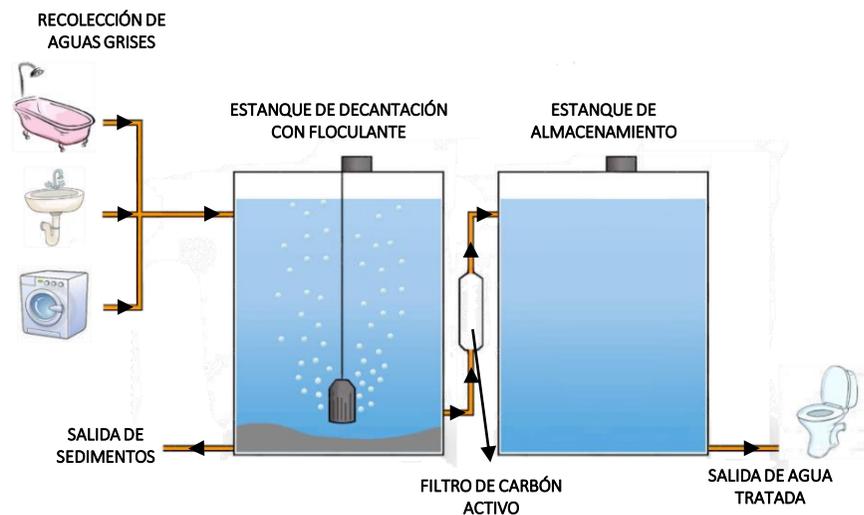
→ **ARTEFACTOS EFICIENTES:** Los artefactos y arranques eficientes pueden reducir el consumo del agua al interior del edificio ya sea en volumen o en tiempo. Existen varios tipos tales como incorporadores de aire quienes aumentan la presión con el fin de reducir el volumen de salida, inodoros con doble descarga para utilizar menos agua ante desechos líquidos, sensores de activación para lavamanos y lavaplatos los cuales utilizan el tiempo justo necesario y los push button quienes regulan el tiempo de uso.

<sup>66</sup> Osnaya Maricarmen, (2012). Propuesta de Diseño de un Humedal Artificial para el Tratamiento de Aguas Residuales en la Universidad de la Sierra Juárez. Universidad del Sierra Juárez, México.

→ **REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES:** La reutilización de las aguas grises dentro de las construcciones es una estrategia que representa un enorme ahorro en el consumo. Dejando fuera el agua de los lavaplatos las cuales contienen cargas de grasas mayor, es posible reutilizar aguas grises dentro del mismo edificio en artefactos que no requieren de agua potable para funcionar. Las aguas grises provenientes de lavamanos, duchas y lavadoras son aguas poco contaminadas si se utilizan jabones biodegradables. Para este tratamiento solo se utiliza una sustancia floculante que separa las partículas en suspensión y detergentes decantándolas y acumulándolas en el fondo, dejando en la parte superior del estanque agua limpia y cristalina lista para usarse después de un pequeño proceso de filtración.

→ **BIODIGESTORES Y LOMBRIFILTRO:** Estas dos estrategias se utilizan para el tratamiento de aguas negras, es decir, aguas con desechos biológicos. Los biodigestores son aquellos que utilizan la descomposición anaeróbica (en ausencia de oxígeno) para tratar las aguas negras y transformarla en biogás y fertilizante. Los sólidos se separan del líquido por decantación, formando una capa inferior denominada "lodos", la cual es extraída posteriormente obteniendo un subproducto utilizado como fertilizante el cual puede ser utilizado dentro de los mismos invernaderos si las plantas no son comestibles.

## REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES



Fuente: Elaboración propia con información del video  
[www.youtube.com/watch?v=65WwYxlkGD4](https://www.youtube.com/watch?v=65WwYxlkGD4)



Fuente: Andinka. Vivienda e inmobiliaria. Biodigestores Rotoplásticos. Diciembre 2016. [www.wasi.org.pe/producto.php?idp=5](http://www.wasi.org.pe/producto.php?idp=5)



Fuente: Lombrifiltro Chile. Diciembre 2016. [www.lombrifiltro.cl/Lombrifiltro.html](http://www.lombrifiltro.cl/Lombrifiltro.html)

El agua que queda en la parte superior es filtrada para luego ser reutilizada para riego, la cual es solo recomendada si es vegetación paisajística. El proceso anaeróbico de descomposición también genera metano, otro subproducto que puede ser aprovechado, el cual se conoce más comúnmente como biogás, el cual puede ser utilizado por los laboratorios bajo manejo de personal especializado.

El lombrifiltro es un sistema que utiliza lombrices para degradar y transformar la materia orgánica desechada en abono fértil y filtrar las aguas. Está conformado por distintos estratos filtrantes inertes y orgánicos partiendo en la superficie con el que contiene a las lombrices, el segundo es el estrato de soporte y por último el estrato de grava. El agua residual es regada sobre el lecho que contiene un alto número de lombrices, luego el agua residual escurre por el medio filtrante quedando retenida la parte sólida, la cual es consumida por las lombrices, pasando a constituir por un lado masa corporal de las lombrices y por otro, las heces de las lombrices, conformando el llamado humus de lombriz.

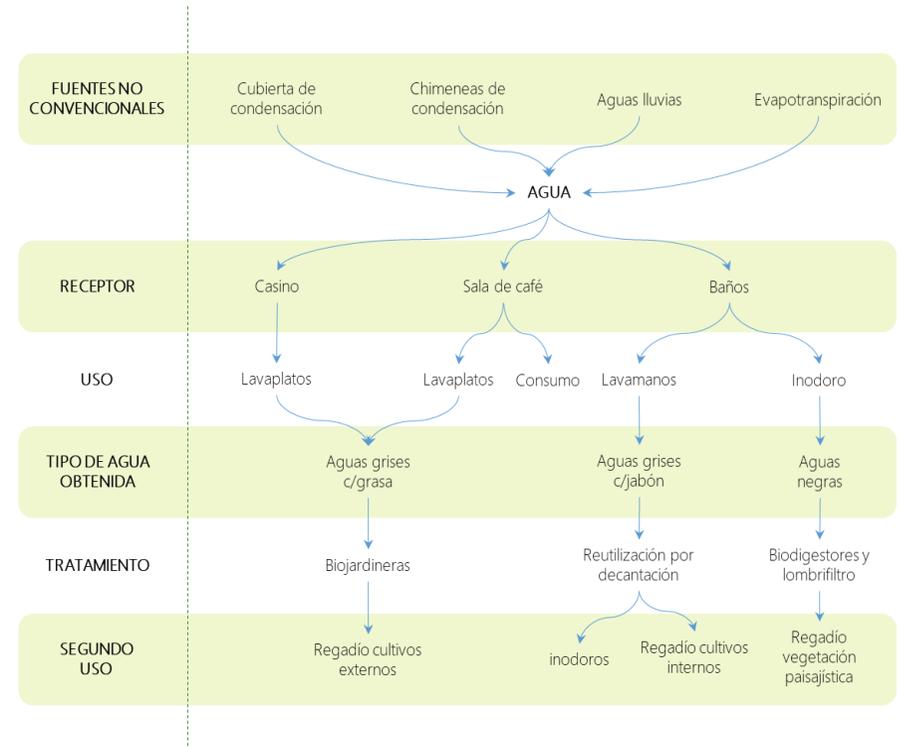
Finalmente se obtiene agua filtrada lista para ser reutilizada para riego y un rico abono orgánico que se aplica como fertilizante natural para la agricultura y para mejorar la calidad de los suelos.

Este sistema no produce lodos inestables, lo cual aporta a reducir la contaminación de suelos y del agua.<sup>67</sup>

Estos sistemas pueden ser utilizados de forma conjunta donde en una primera instancia se limpia parcialmente el agua utilizando los biodigestores para luego pasar a un lombrifiltro para lograr un agua mucho más limpia antes de ser evacuada hacia el terreno.

→ **VEGETACIÓN AUTÓCTONA EN PAISAJISMO:** Esta estrategia busca reducir los consumos de agua por mantención de zonas verdes consideradas paisajismo dentro del proyecto. Esto ya que las especies nativas se mantienen por si mismas con el clima propio del lugar sin necesidad de mayor cuidado.

→ **DISTRIBUCIÓN DE LAS AGUAS:** En el esquema se muestra el flujo del agua dentro del proyecto desde su captación hasta su evacuación pasando por las distintas estrategias anteriormente descritas y su distribución en las distintas actividades.

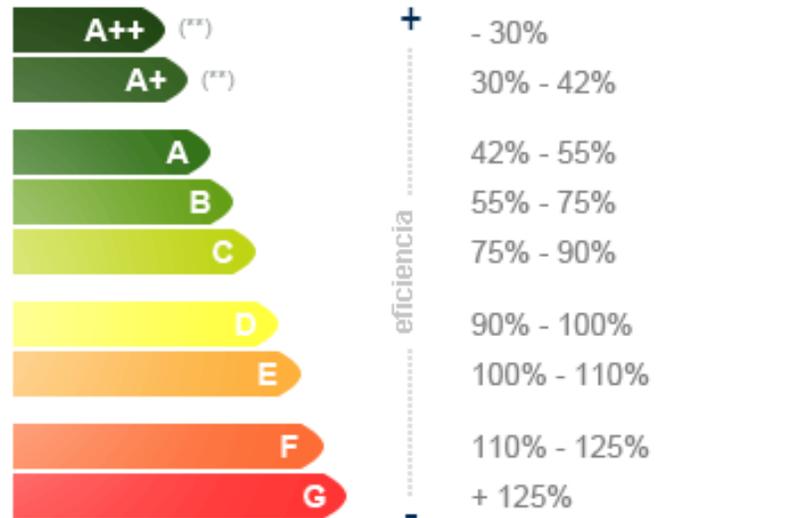


Fuente: Elaboración propia

<sup>67</sup> Lombrifiltro Chile Ingeniería Ambiental Ltda. <http://www.lombrifiltro.cl/Lombrifiltro.html> Consultado el 1 de Noviembre, 2017

## 4.6.2 CERO CARBONO

### Etiquetado



(\*) Consumo energético respecto a un consumo medio (etiquetas D y E).

(\*\*) A+ y A++ solo existen para frigoríficos, congeladores y combis.

Fuente: <http://blog-es.mitula.com/noticias-de/aparatos-electricos-eficientes>

→ **AISLACIÓN EN ENVOLVENTE, DOBLE PIEL:** Como se menciona anteriormente, la cubierta que envuelve todo el edificio permite que este no se encuentre directamente con las variaciones térmicas externas y genera un espacio intermedio regulado por plantas que funciona a modo de buffer que permite la aislación térmica, lo cual aporta en la reducción del consumo energético generado por la calefacción y la refrigeración.

→ **BIOCLIMÁTICA, ILUMINACIÓN NATURAL:** La orientación del edificio en el terreno tiene la intención de permitir la mayor iluminación natural durante todo el día en gran parte de los espacios interiores del proyecto. No solo la forma alargada del edificio sino que también la distribución de los recintos determinados por el programa y sus requerimientos, permite que la iluminación natural ingrese lo suficiente para evitar el uso constante de las luminarias artificiales, aportando no solo a la reducción en el consumo energético, sino que también a la adecuada regulación del ritmo circadiano de los trabajadores.

→ **ARTEFACTOS EFICIENTES:** Esta estrategia tiene como fin reducir los consumos energéticos realizados por luminarias y artefactos eléctricos. La implementación de ampolletas LED y maquinas con etiquetado energético bajo la categoría A+ y A++ son necesarias para aportar a este objetivo

→ **AUTOMATIZACIÓN:** La automatización se refiere a la realización de ciertas acciones o procesos de forma automática sin intervención humana manual, la cual puede ser programada para funcionar a una hora determinada o ante una acción específica tales como los sensores de movimiento para encender las luces de un pasillo o la programación de un calefactor para que se apague después de una cierta temperatura. Esto también ayuda al ahorro energético y al uso en su justa medida.

→ **VENTILACIÓN NATURAL:** Esta estrategia puede ser aplicada bajo dos conceptos: Buoyancy o flotabilidad y el efecto del viento. La flotabilidad corresponde al efecto ascendente que se genera al calentar una masa de aire. La masa caliente presenta una menor densidad que la masa fría y por ello sube, lo que genera el efecto de tiro térmico, mientras que el efecto del viento corresponde a aquel que ejerce presiones sobre las estructuras, estas presiones pueden ser positivas o negativas dependiendo de la geometría de la construcción. Este último es el utilizado en la estrategia de ventilación cruzada.

En el proyecto se fusionan estas dos fuerzas, tanto para generar ventilación al interior como para hacer funcionar las anteriormente mencionadas chimeneas de condensación.

### VENTILACIÓN NATURAL POR BUOYANCY O FLOTABILIDAD



Fuente: Ventilación natural por flotabilidad  
<https://gramaconsultores.wordpress.com/2012/06/21/sistemas-de-ventilacion-natural/>

## TEJAS FOTOVOLTAICAS



Fuente: Tejas fotovoltaicas  
[http://www.tectonica-online.com/productos/2057/fotovoltaicas\\_tejas\\_sunstyle/](http://www.tectonica-online.com/productos/2057/fotovoltaicas_tejas_sunstyle/)

→ **BIOGAS:** El gas metano, más conocido como biogás, se genera como resultado del proceso de descomposición anaeróbico de los desechos sólidos de las aguas negras. Los biodigestores son un sistema utilizado para obtenerlo y otorgan la posibilidad de utilizarlo dentro del edificio como combustible. En los laboratorios de investigación se utiliza mucho el gas, por lo que resulta conveniente aprovecharlo. Eso sí es importante tener en cuenta que el metano es altamente tóxico y peligroso, por lo que su manipulación y uso debe ser por parte de un profesional.

→ **PANELES FOTOVOLTAICOS:** Los paneles fotovoltaicos son una de las estrategias más conocidas y utilizadas para transformar la energía del sol en electricidad. Este sistema otorga un cierto grado de independencia ante la necesidad de este recurso y amortigua el consumo energético. Esta tecnología ha mostrado un gran avance en cuanto a su eficiencia, llegando incluso a ser utilizado en zonas poco soleadas y sin necesidad de mantener una perpendicularidad con respecto al ángulo de incidencia solar, lo que entrega una libertad a la hora de integrarlos en las fachadas. A pesar de esto, la cantidad de energía producida no alcanza a cubrir los consumos utilizados por artefactos tales como calefactores, aires acondicionados o grandes cantidades de computadores, ya que requerirían de una gran cantidad de paneles, resultando poco rentable, por lo que siguen siendo utilizados para cubrir los gastos de iluminación principalmente.

→ **REGULACIÓN TÉRMICA Y LIMPIEZA DE AIRE POR VEGETACIÓN:** La vegetación humedece el entorno a través de la evapotranspiración. Esta humedad ayuda a refrescar los espacios en verano y mantiene una temperatura más estable en invierno, amortiguando los cambios de temperatura entre el interior y el exterior. Además, la vegetación es capaz de limpiar el aire gracias a que absorben el CO<sub>2</sub> y otras sustancias contaminantes y liberan Oxígeno.

### 4.6.3 CERO BASURA

→ **COMPRESIÓN DE BASURA:** Existe en el mercado variedad de máquinas compresoras, las cuales aportan a la reducción del volumen de los desechos que terminan en los vertederos.

→ **INSTALACIONES DE RECICLAJE:** Existen varios tipos de instalaciones de reciclaje: al interior de las cocinas integradas a los mesones, basureros separados con diferenciación de colores y los puntos limpios. Cada uno responde a distintas escalas desde lo personal hasta lo comunitario.

\*Para que esta estrategia tenga resultados, es necesario generar vínculos con empresas privada de reciclaje y la municipalidad correspondiente.

→ **COMPOST Y HUMUS:** El compost es el producto obtenido de la descomposición aeróbica controlada de la materia orgánica proveniente de los desechos de cultivos o residuos de las cocinas. El humus es una etapa posterior al compost donde se utilizan lombrices, donde estas digieren los residuos orgánicos resultantes del proceso de compost, para luego expulsarlos, entregando una tierra rica en componentes orgánicos perfecta para cultivo de todo tipo. Esta estrategia aporta no solo a reducir la contaminación, sino que también a generar menores desechos, además de producir un producto de calidad que puede ser utilizado dentro de los mismos invernaderos o puede ser comercializado, contribuyendo a la generación de capital.



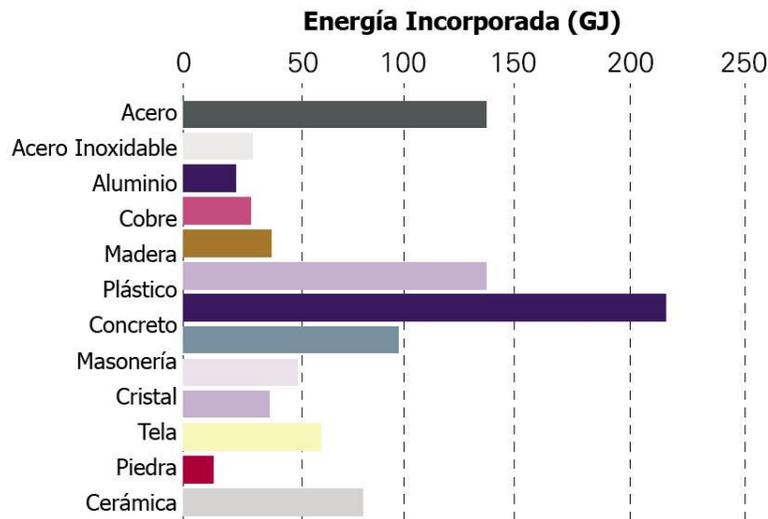
Fuente: <http://grupoatdcr.com/reciclaje-desechos/>

## 4.6.4 TRANSPORTE SUSTENTABLE

- **BUS ELÉCTRICO DE ACERCAMIENTO:** El bus de acercamiento proporciona facilidades de transporta para aquellos trabajadores, estudiantes y visitantes que no disponen de vehículo propio y para aquellos que prefieren no utilizarlo. Esta estrategia reduce la cantidad de autos en circulación y es amable con el medio ambiente, ya que al ser eléctrico no genera contaminantes ni ruidos molestos.
- **BICICLETAS Y CAMINATA:** Para fomentar el uso de bicicletas y caminata, se dispone de estacionamientos y caminos adecuados para estos usos. Además se ofrecerán descuentos a exposiciones y cursos a aquellos que se transporten por alguno de estos dos medios.

## 4.6.5 MATERIALES SUSTENTABLES

- **BAJA ENERGÍA INCORPORADA:** La energía incorporada es aquella consumida por todos los procesos asociados a la producción de un producto, desde la adquisición de los recursos naturales hasta su desecho o eliminación. Esto incluye la minería y la industria de materiales y equipos, el transporte de los materiales y las funciones administrativas. La energía incorporada es un componente importante del impacto del ciclo de vida de un edificio. Existen materiales que viene con el etiquetado de energía incorporada y la



Fuente: <https://gramaconsultores.wordpress.com/2014/01/22/energia-incorporada/>

elección de aquellos con menor energía son los más adecuados para su uso dentro del proyecto.

→ **NO TÓXICOS**

→ **MATERIALES LOCALES:** Preferir materiales locales, regionales y hasta nacionales.

## 4.6.6 USO DE SUELO Y BIODIVERSIDAD

→ **SISTEMAS DE DRENAJES:** El problema de las escorrentías genera contaminación de las aguas, suelo y erosión, además de molestias por estancamientos. Para asegurar una mejor mantención de las instalaciones y protección del medio, es importante planificar de forma correcta los sistemas de drenajes, tanto al interior del edificio e invernaderos como en las áreas verdes y plazas.

→ **PAISAJISMO NATIVO:** La incorporación de flora nativa no es solo para reducir el consumo de agua por riego, sino que también es una oportunidad de crear hábitats para la fauna nativa, creando una zona de protección dentro del mismo proyecto.

## 4.6.7 CULTURA Y PATRIMONIO

→ **INFORMACIÓN Y EDUCACIÓN SUSTENTABLE AL USUARIO:** Para que un proyecto sustentable tenga éxito, es imprescindible la educación al usuario, ya que si este no sabe utilizar adecuadamente

los aparatos o no es consciente de sus malos hábitos y sus consecuencias el ahorro en los consumos y la disminución del impacto en el entorno no tendrán mayor eficacia. La educación genera cultura y una buena cultura es la clave para un mayor y mejor desarrollo. El tipo de información es variada y puede ser difundida a través de varios métodos tales como: internet, charlas, cursos, exposiciones, carteles informativos, etc.

→ **INSTALACIÓN EDUCATIVA:** Se busca generar conciencia y educación a través de las mismas instalaciones del proyecto, permitiendo la observación de los distintos procesos que se realizan dentro del edificio y sus alrededores.

→ **INTEGRACIÓN DEL EDIFICIO EXISTENTE:** El proyecto contempla la integración del edificio existente del CEAZA a través de la conexión de circulación mediante un corredor verde y así mantener los lineamientos arquitectónicos de su época.

## 4.6.8 EQUIDAD Y ECONOMÍA LOCAL

→ **ACCESIBILIDAD PARA DISCAPACITADOS**

→ **MANO DE OBRA LOCAL:** Generar licitaciones, prefiriendo empresas locales.

- **CAPACITACIÓN** para mano de obra local.
- **MANTENCIÓN** de las instalaciones realizada por mano de obra local.

## 4.6.9 SALUD Y BIENESTAR

- **CONFORT TÉRMICO, LUMÍNICO, ACÚSTICO:** A través de materiales de calidad y diseño bioclimático.
- **ESPACIOS FLEXIBLES:** Generar espacios con facilidades de modificación que permitan amoldarse a distintas necesidades según lo requiera la actividad. La planta libre y paneles móviles son una buena manera de cumplir con este requerimiento, siendo utilizado en salas de clases y espacios de co-working.
- **AUTOMATIZACIÓN:** Esta aporta a facilitar algunas tareas y reducir costos de funcionamiento, aportando a la comodidad de los usuarios.
- **ÁREAS VERDES:** Las áreas verdes son un elemento importante para el confort y bienestar de las personas ya que entregan múltiples beneficios a la población y al medio ambiente urbano, favoreciendo la actividad física, la integración social y una mejor calidad de vida de la población. También proveen servicios ambientales como el control de la temperatura urbana, captura de carbono, mejora de la calidad del aire, protección de la biodiversidad, reducción de erosión, control de inundaciones, ahorro de energía, control de ruidos, entre otros, por lo que constituye una preocupación a nivel mundial. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) la cantidad ideal de m<sup>2</sup> de áreas verdes por persona es de 9m<sup>2</sup> como mínimo. Dentro del proyecto se mantienen más de 3300 m<sup>2</sup> de áreas verdes en los

espacios públicos para un total de 300 personas repartidas entre trabajadores, estudiantes y visitantes lo que corresponde a 11m<sup>2</sup>/persona.

- **PROMOVER EDUCACIÓN Y CULTURA:** Tanto el centro como el edificio tienen por objetivo generar conocimiento y difundirlo a todo tipo de personas, aportando a la educación y la creación de cultura
- **INTERCAMBIO SOCIAL:** El proyecto permite el intercambio social entre personas tanto dentro de los cursos y charlas como en sus zonas abiertas a todo público que ofrecen instancias de reunión y conversación.



Fuente: Disponibilidad de áreas verdes

## 4.7 CONSIDERACIONES

### NORMATIVAS

#### 4.7.1 DISEÑO DE ESPACIOS

→ **OFICINAS:** Esta área ubicada en el segundo piso en la zona norte del edificio principal contempla 12 oficinas correspondientes a los 12 cabecillas de los grupos de investigación. La superficie de estas es variable donde 4 son de 12 m<sup>2</sup>, 4 de 10 m<sup>2</sup> y 4 de 9 m<sup>2</sup>. En las oficinas más grandes pueden instalarse hasta 3 estaciones de trabajo y en las más pequeñas hasta 2 solo si se requiere, llegando a un máximo de 32 trabajadores. El total de la superficie dedicada a las oficinas es de 396.16 m<sup>2</sup>, permitiendo un máximo de 39 trabajadores según la tabla de ocupación contenida en el artículo 4.2.4 de la Ordenanza que establece un mínimo de 10 m<sup>2</sup> por persona. Este programa contempla una sala de reuniones, una pequeña biblioteca, una sala de estar, un puesto de venta de alimentos, un lugar para café y servicios higiénicos separados por género.

La ventilación es cruzada de poniente a oriente y la iluminación es natural mediante ventanas orientes y ponientes con tragaluces en los

espacios interiores sin acceso al exterior cumpliendo con lo estipulado en el artículo 4.1.2 de la Ordenanza. La altura de todos los pisos de suelo a techo es de 3m considerando espacio para conexiones o ductos, si fuese estrictamente necesario en corredores o espacios de servicio, llegando a un máximo de reducción de altura de 2.3m, según el artículo 4.1.1. Los pasillos son de 1.8m de ancho superando el mínimo establecido por el artículo 4.1.7 punto 4 de 1.5m y las puertas tienen un ancho mínimo de 0.9m, respetando lo establecido por este mismo artículo.

→ **SERVICIOS HIGIÉNICOS:** Dentro del área de proyecto se establecen varios servicios higiénicos que sirven a distintos usos. La cantidad de inodoros y lavamanos se calcula según la cantidad de personas que se estima en cada área del proyecto. Los trabajadores, tanto en el edificio principal como en el casino, disponen de baños separados por género y la cantidad de artefactos se determina con la tabla contenida en el artículo 23 del Decreto Supremo N°594 de condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo. La cantidad de artefactos para baños públicos se definen con la tabla contenida en el artículo 12 de la norma sanitaria y los artefactos para el auditorio se determinan con lo expuesto en el artículo 4.7.21 de la Ordenanza.

Todos los servicios higiénicos dispuestos en cada piso dentro del edificio principal se ubican en una misma zona húmeda.

→ **SALAS DE CLASES:** Existen 3 salas de clases dentro del edificio principal ubicadas en el primer piso en la zona sur oriente. Cada sala tiene aproximadamente 37 m<sup>2</sup> con una capacidad de 33 alumnos. Esto según el artículo 4.5.6 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción donde establece que la superficie por alumno es de 1.1 m<sup>2</sup>.

Los elementos que separan las 3 salas son movibles con el propósito de generar un espacio mayor si es necesario, transformándolo en un gran espacio de 114m<sup>2</sup> con una capacidad de un poco más de 100 personas. En caso de que la actividad sea de talleres o laboratorios para alumnos, la capacidad es de 76 personas según el mismo artículo donde establece que la superficie por alumno para estas actividades es de 1.5m<sup>2</sup>.

En el caso de la iluminación y ventilación, la Ordenanza establece una superficie mínima de ventana corresponde al 14% de la superficie para iluminación y un 8% para ventilación en el artículo 4.5.5. Si la mayor superficie de sala corresponde a 39m<sup>2</sup>, el área mínima de ventana es de 5.46m<sup>2</sup> y en el proyecto se contempla un área mínima de 14.1m<sup>2</sup>.

El pasillo que conecta las salas con los accesos principales del edificio tiene un ancho continuo de 1.8m de acuerdo con lo establecido en el artículo 4.5.9 de la Ordenanza para las vías de evacuación.

→ **AUDITORIO:** El auditorio se ubica bajo la plaza oriente con una capacidad máxima de 193 personas considerando 4 espacios para

discapacitados en silla de ruedas según la tabla contenida en el artículo 4.7.3 de la Ordenanza que establece los espacios mínimos para discapacitados según la capacidad del recinto y las dimensiones de estos.

Todas las puertas, tanto de la sala como del recinto se abren hacia afuera en caso de emergencias según lo estipula el artículo 4.7.15 de la Ordenanza, todas con un ancho de 2m según el artículo 4.7.14. Las escaleras que alimentan las gradas con sillas fijas son tramos rectos con un ancho de 1.5m, superior al mínimo establecido en el artículo 4.7.18 de 1.2m. En cuanto a los accesos principales, son dos pasillos independientes de 3m de ancho, uno conformado por una escalera que conecta con la plaza y circulaciones exteriores del proyecto y el otro con una rampa de 10% de pendiente que conecta con la plaza exterior sobre los estacionamientos, cumpliendo con lo estipulado en el artículo 4.7.1 punto 4.

El volumen del auditorio es de 6m<sup>3</sup> aproximadamente por persona superando el mínimo estipulado en el artículo 4.7.6 con 3m<sup>3</sup> por persona y su ventilación e iluminación se mantiene por tragaluces dispuesto en la cubierta. Según lo establecido en el artículo 4.7.11, algunos paños de estos tragaluces se abren para permitir tanto la ventilación como la salida de humo en caso de incendio.

El auditorio posee servicios higiénicos diferenciados según género y un baño dispuesto de forma independiente para discapacitados según lo establecido en el artículo 4.7.21 de la Ordenanza.

→ **CASINO:** El casino tiene una capacidad aproximada de 250 personas según la tabla de ocupación contenida en el artículo 4.2.4 de la Ordenanza donde la superficie por persona es de 1 m<sup>2</sup>. En esta misma tabla se define la ocupación de la cocina con 15 m<sup>2</sup> por persona, dejando una capacidad de 4 trabajadores en esta área. Esta cuenta con bodegas y sala fría para conservación de alimentos y una sala de basura con salida de descarga para camiones.

Para la iluminación de los espacios ciegos se dispone de tragaluces en la cubierta herméticamente cerrados y para la ventilación se utiliza sistemas mecánicos de recirculación de aire según los artículos 4.1.3 y 4.1.4 de la Ordenanza.

Para el espacio habitado de comedor se dispone de ventana y tragaluces tanto para la iluminación como para la ventilación según lo expuesto en el artículo 4.1.2 de la Ordenanza.

Se disponen servicios higiénicos separados para público y trabajadores diferenciados por género. La cantidad de artefactos definidos para los trabajadores se establece con la tabla contenida en el artículo 23 del Decreto Supremo N°594 de condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo y la cantidad de artefactos definidos para el público se establece con la tabla contenida en el artículo 12 de la norma sanitaria para el funcionamiento de restaurantes y servicios afines.

→ **CALLES Y ESTACIONAMIENTOS:** Las calles mantienen un ancho mínimo de 7m bidireccional según el artículo 2.3.2 punto 4 párrafo j

de la Ordenanza. Los estacionamientos subterráneos están dispuestos solo para los trabajadores del edificio, dejando un segundo estacionamiento en superficie para el público.

## 4.7.2 ACCESIBILIDAD EN CIRCULACIONES

En cuanto a la accesibilidad para discapacitados, todas las circulaciones exteriores del proyecto contemplan rampas con una pendiente de 10%, por lo que las sillas de ruedas manejadas manualmente deben ser asistidas por otra persona. Todas las rampas contemplan barandas a dos alturas de 0.95m y 0.7m prolongándose en 0.2m en la entrada y la salida de estas. Los tramos de largo superior a 9m se seccionan y se establecen descansos de 1.5m de largo. El ancho mínimo de estas dentro del proyecto son de 3m, superando el mínimo establecido por la Ordenanza de 1.5m según lo estipulado en el artículo 4.1.7 punto 1 y 2 de la Ordenanza.

Todas las áreas que disponen de servicios higiénicos contemplan un baño para discapacitados con todas las medidas establecidas tanto en la Ordenanza como en el Manual de Accesibilidad Universal.

Para el acceso a otros niveles en el interior del edificio principal se dispone de un ascensor en caso de que algún trabajador presente algún grado de discapacidad. Igualmente el estacionamiento subterráneo contempla este mismo sistema.

### 4.7.3 CONDICIONES GENERALES DE SEGURIDAD

El ancho de las vías de evacuación se determina según la carga de ocupación del área servida con un mínimo de 1.1m para ocupaciones menores de 50 personas según lo establecido por los artículos 4.2.3 y 4.2.18 de la Ordenanza. Dentro del proyecto el ancho mínimo es de 1.8m en los niveles 1, 2 y 3 con escaleras exteriores de 2m de ancho. La escalera central mantiene un ancho de 1.8m para una carga máxima de 120 personas considerando subterráneo, segundo y tercer piso, superior al mínimo establecido de 1.4m para un máximo de 200 personas según la tabla contenida en el artículo 4.2.10 y su distancia en relación con la salida principal es de menos de 10m considerando el artículo 4.2.12. El punto más alejado de la escalera no sobrepasa los 40m respetando el máximo establecido en el artículo 4.2.13. Para las vías del subterráneo donde se ubican 9 laboratorios, los anchos mínimos son de 2m para permitir el ingreso de las maquinas, contemplando un acceso de carga/descarga del mismo ancho. Todas las vías superiores con costados abiertos y escaleras cuentan con barandas de 1m de alto respetando lo estipulado en el artículo 4.2.7, todas las puertas que forman parte de las vías de evacuación se abren en el sentido de esta según el artículo 4.2.16 y todas las rampas dentro de estas mismas vías tiene pendiente de 10% según el artículo 4.2.20. Para los estacionamientos subterráneos la distancia máxima entre el más lejano y

las escaleras es de 50m, dentro de lo estipulado como máximo en el artículo 4.2.14 de 60m.

Según la tabla contenida en el artículo 4.3.4 de la Ordenanza, la resistencia de los materiales a aplicar es a, pudiendo variar solo en el área de oficinas a b.



# CAPÍTULO 5

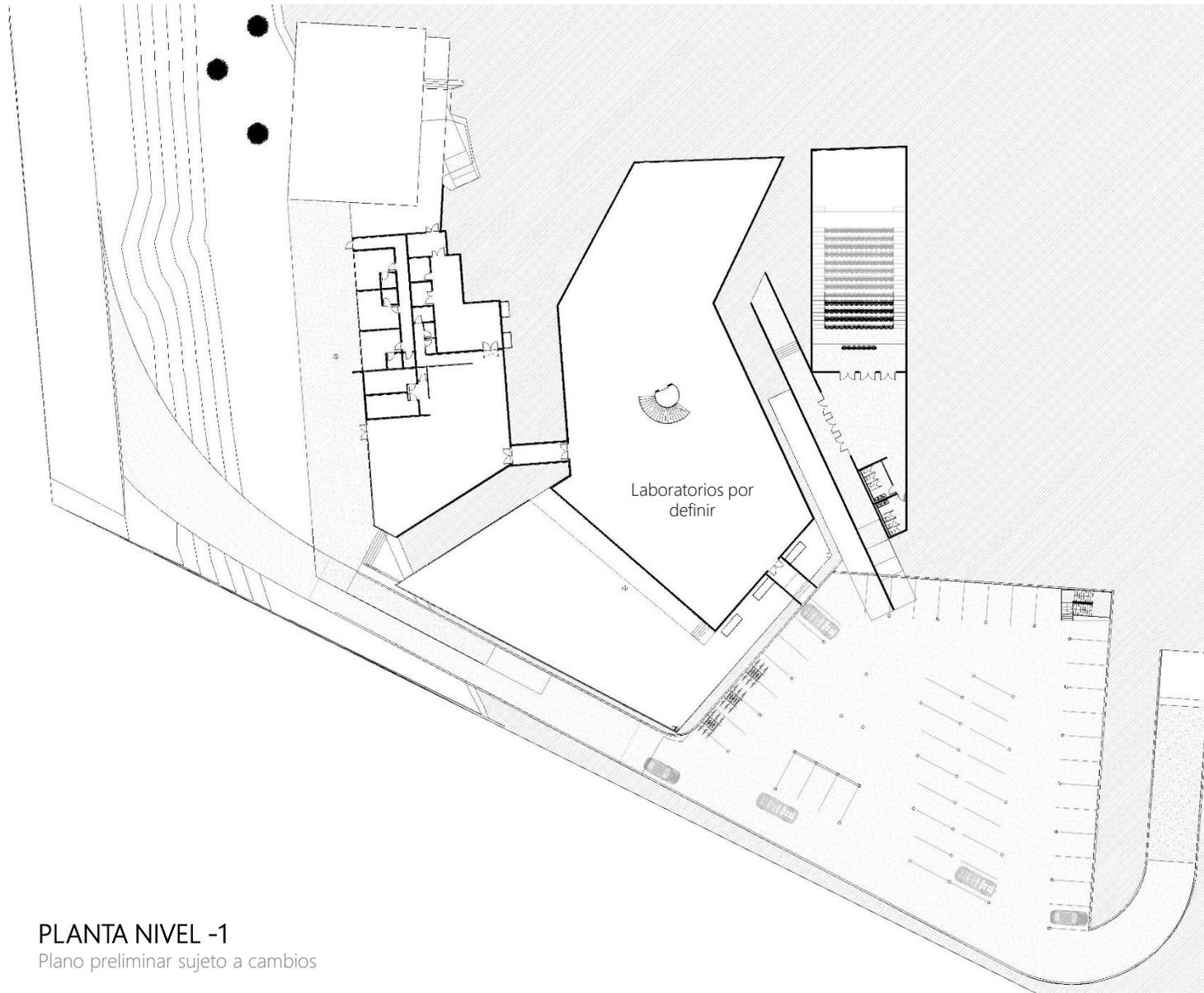
---

## Planimetría

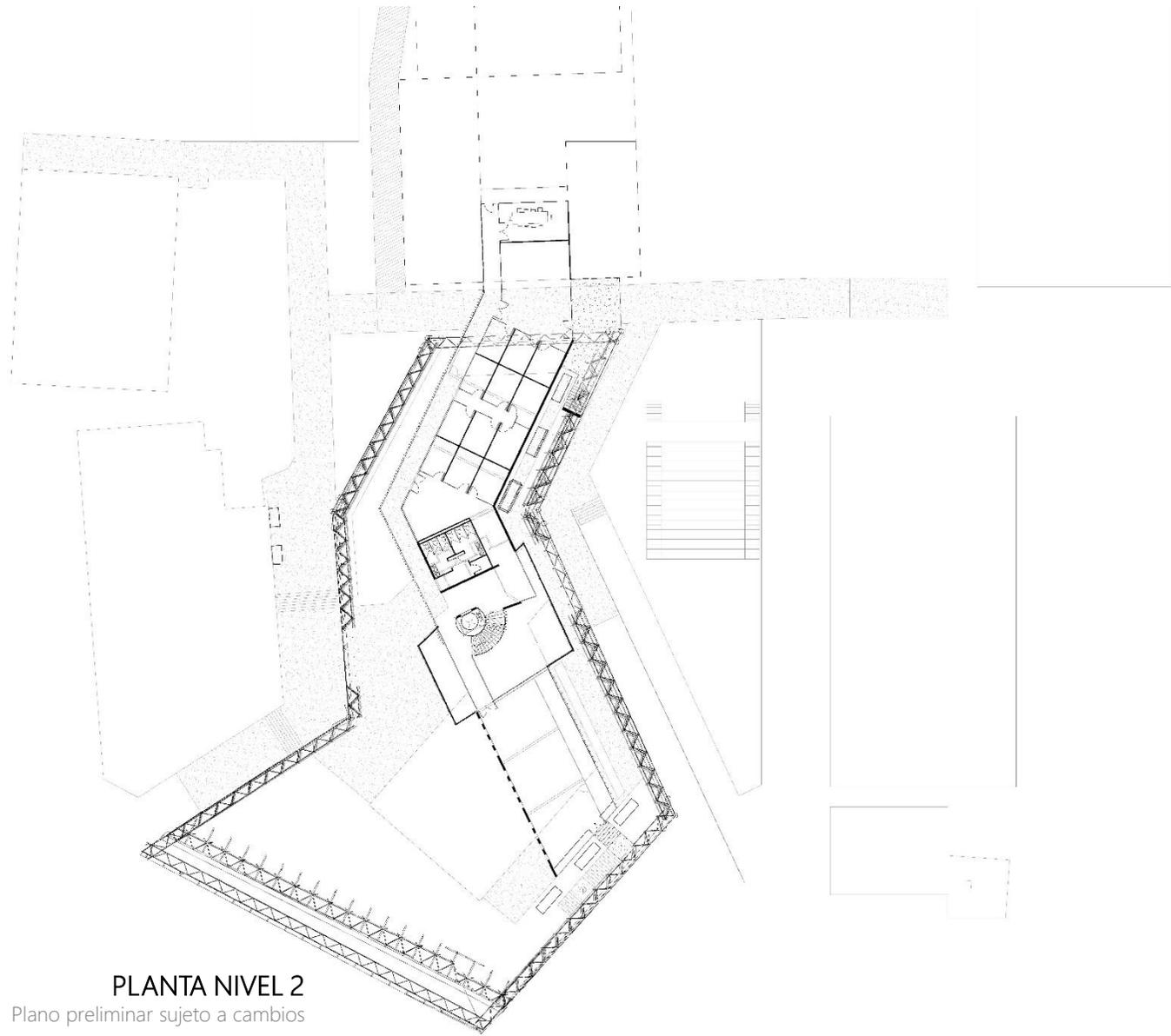


## PLANTA NIVEL 1

Plano preliminar sujeto a cambios

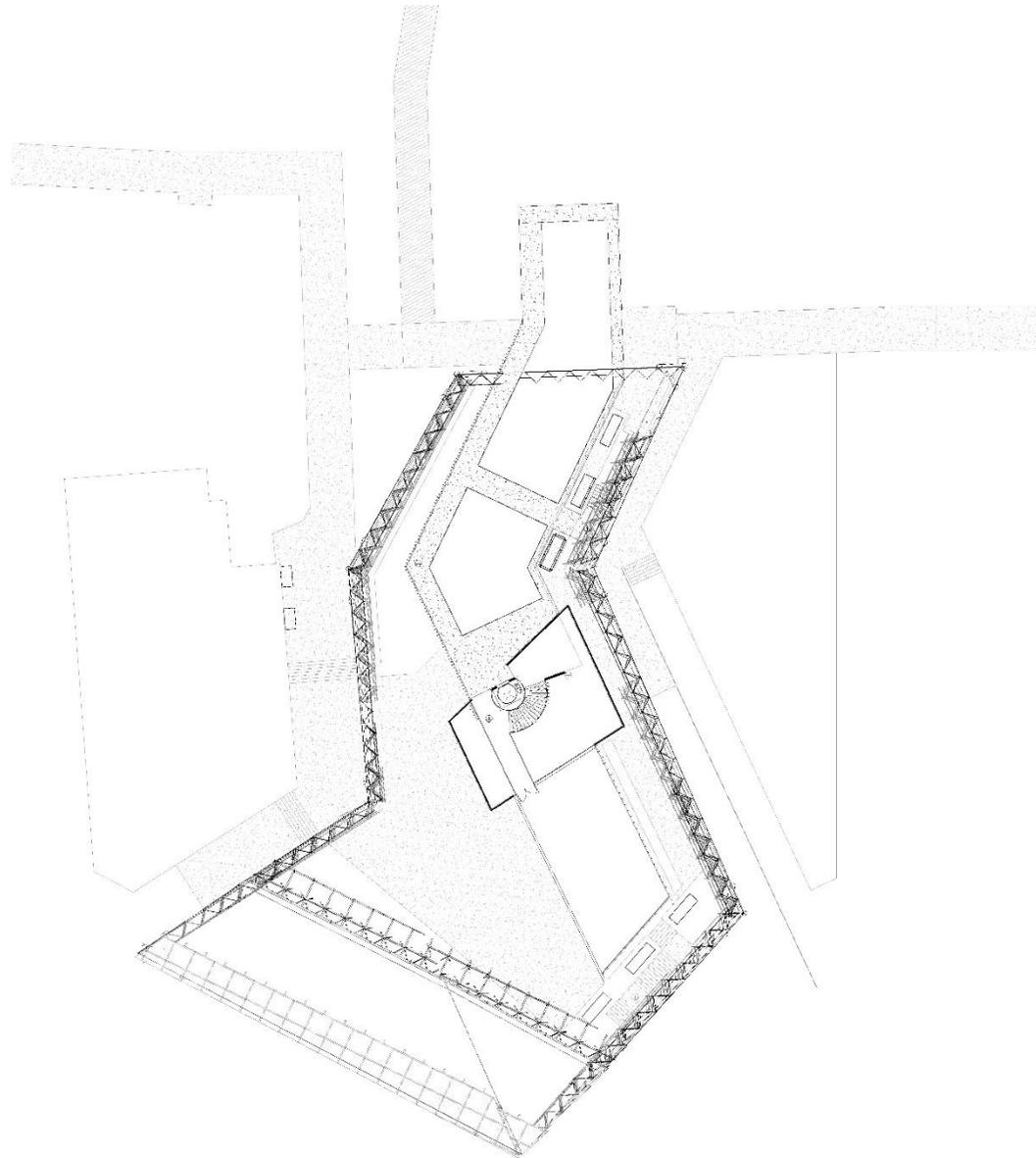


**PLANTA NIVEL -1**  
Plano preliminar sujeto a cambios



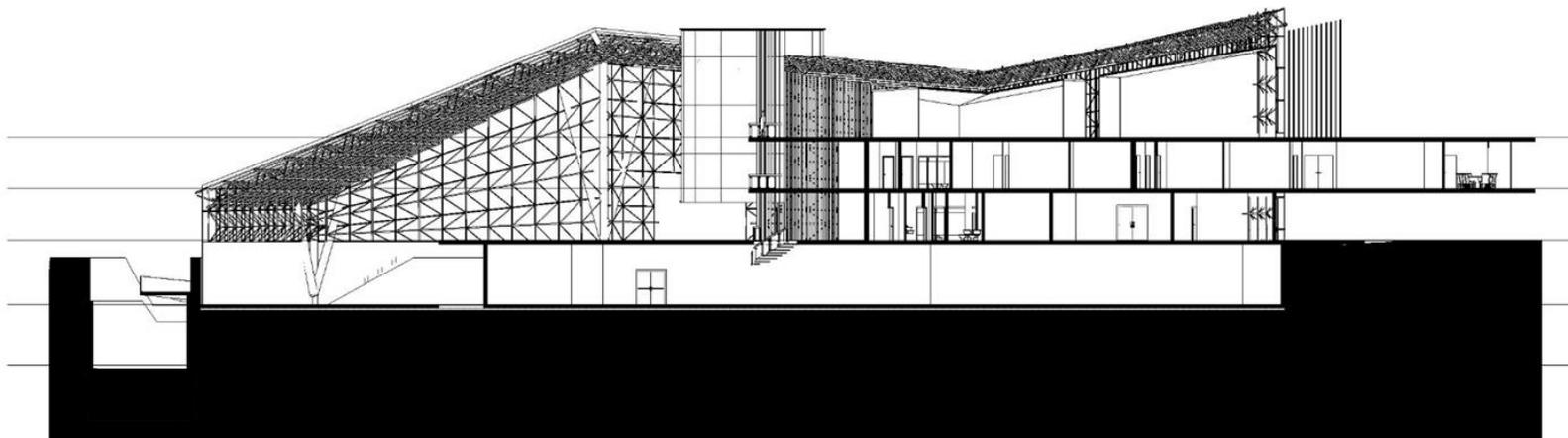
## PLANTA NIVEL 2

Plano preliminar sujeto a cambios

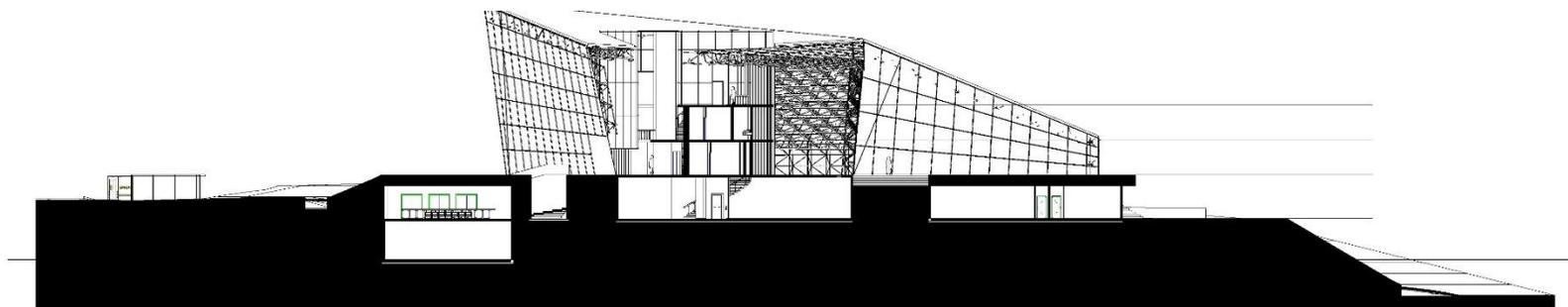


### PLANTA NIVEL 3

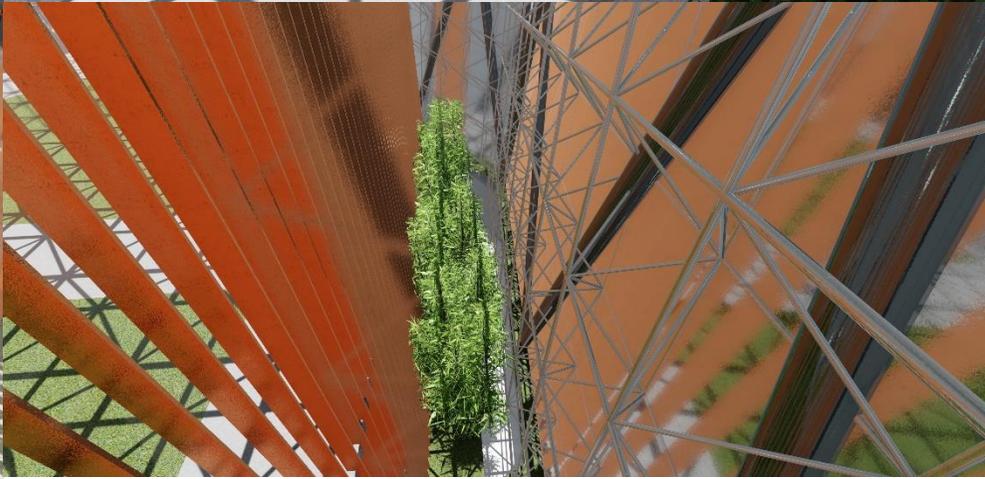
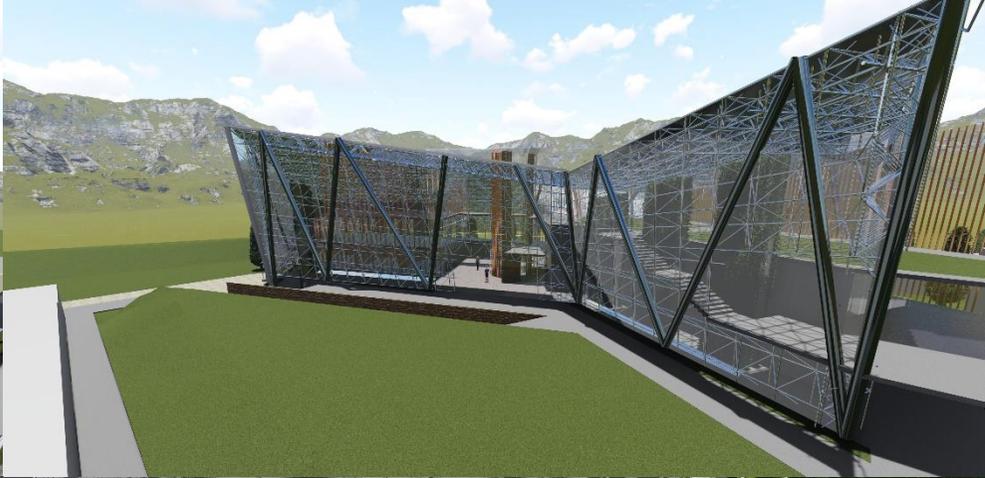
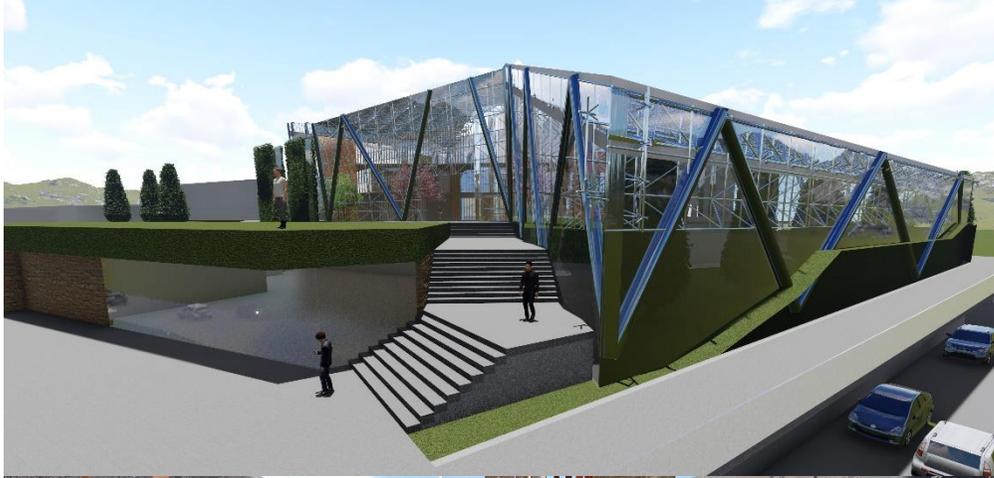
Plano preliminar sujeto a cambios



**CORTE LONGITUDINAL**  
Plano preliminar sujeto a cambios



**CORTE TRANSVERSAL**  
Plano preliminar sujeto a cambios





# BIBLIOGRAFÍA

Schojjet, Mauricio. (2005). "Desertificación y tormentas de arena". *Región y sociedad*, 17(32), 167-187.

Granados-Sánchez, Dióforo, Hernández-García, Miguel Á., Vázquez-Alarcón, Antonio, & Ruíz-Puga, Pablo. (2013). "Los procesos de desertificación y las regiones áridas". *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente*, 19(1), 45-66.

Rodríguez Ormazábal, Carlos, Henríquez Ayala, Maryan (2012) "La desertificación en Chile". Unidad de Diagnóstico Parlamentario, Departamento de Evaluación de la Ley. Cámara de Diputados, Chile.

Nieto, Nubia. (2011). La gestión del agua: tensiones globales y latinoamericanas. *Política y cultura*, (36), 157-176.

Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (CNULD). Manual Informativo. En cooperación con PNUMA, GRID-Arendal y Zoi Environment Network

Organización de las Naciones Unidas, ONU. Programa 21, Capítulo 12 "Ordenación de los ecosistemas frágiles: lucha contra la desertificación y la sequía".

Comisión Nacional del Medio Ambiente, CONAMA, 2009, Cuarto informe sobre biodiversidad en Chile, 137 pp.

Instituto Nacional de Estadísticas, INE (2017). VI Encuesta Nacional sobre Gasto y Personal en I+D. Ministerio de Economía, Fomento y Turismo, Gobierno de Chile.

Schröder, Hans-Horst (1973). Zum Problem einer Produktionsfunktion für Forschung und Entwicklung (S. 29-30)

Jiménez-Montecinos, Alejandro (2016). Infraestructura científica-tecnológica en Chile: propuestas y desafíos. Facultad de Economía y Negocios, UAH.

Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo, VID (2017). <http://www.uchile.cl/portal/investigacion/5077/presentacion>. Consultado el 108 de noviembre, 2017

Pollution - Definition from the Merriam-Webster Online Dictionary (2010). Merriam-webster.com. Consultado el 26 de agosto de 2017.

Francis D.K. Ching, Ian m. Shapiro. (2014). *Arquitectura Ecológica, un manual ilustrado*. Nueva Jersey: Gustavo Gili.

Agudelo C, Ruth Marina. (2005). El agua, recurso estratégico del siglo XXI: strategic resource in the 21st century. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, 23(1), 91-102.

Organización de las Naciones Unidas, ONU (2010). Día mundial del agua: agua limpia para un mundo sano, p. 38.

Craig Donnellan (ed.), *The water crisis*, vol. 76, Cambridge, Independence, 2004

Food and Agriculture Organization of the United Nations, No global water crisis. But many developing countries will face water scarcity, Roma, FAO/Press Release of Italian Media Office, marzo 2003

Latin America and the Caribbean, 2003 International year of Fresh Water, París, Unesco

Maude Barlow y Tony Clarke (2004). *Water Privatization: the World Bank's latest market fantasy*

Carmen Revenga et al., Pilot Analysis of global ecosystems. Fresh water systems, Washington, World Resources Institute. p. 27.

Comité Técnico Asesor para América del Sur, Asociación Mundial del Agua, Informes Nacionales, Santiago de Chile, CEPAL, 2005. Ontario, Polaris Institute, 2004

Dirección General de Aguas (2016) Pronostico de disponibilidad de agua temporada de riego 2016-2017, División de Hidrología.

Ataburuaga G., Ricardo. (2004). El agua en las zonas áridas de Chile. ARQ (Santiago), (57), 68-73

Superintendencia de Servicios Sanitarios. (2009). SISS da a conocer nivel de consumo de agua potable en el país. Gobierno de Chile, Santiago.

Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, PNUMA (2012). "Desertificación: una síntesis visual". Organización de las Naciones Unidas (ONU) en cooperación con GRID-Arendal/Zoi Environment Network

Contreras, Mónica (2016). "Criterios para el Diseño del Ciclo del Agua de la Vivienda Rural En Contexto De Escasez. Caso comuna de Ancud, Chiloé". Seminario de Investigación 2017. Prof. Guía: Jeannette Roldán Bioregional, One Planet Living, www.bioregional.com Consultado el 1 de noviembre, 2017

Ministerio de Economía, Fomento y Turismo (2012) Ampliación del Incentivo Tributario a la Investigación y Desarrollo (I+D). Proyecto de Ley que modifica la Ley N°20.241.

Departamento de Energía de la Universidad de California. [https://energy.lbl.gov/coolroof/ref\\_01.htm](https://energy.lbl.gov/coolroof/ref_01.htm) Consultado el 13 de noviembre, 2017

Diccionario de la Real Academia Española, RAE. Definición de tecnología. Consultado el 8 de Noviembre, 2017

Se utiliza la definición de artefacto de Wikipedia porque la definición de la RAE no expresa fielmente el objetivo de este proyecto al definirlo como un sinónimo de máquina. <https://es.wikipedia.org/wiki/Artefacto> Consultado el 14 de noviembre

Centro de Estudios Avanzados en Zonas áridas, CEAZA. Consultado el 10 de Noviembre, 2017. <http://www.ceaza.cl/quienes-somos/> Consultado el 15 de Noviembre, 2017

Prenova, diseño estructural. <http://www.prenovaglobal.com/index.php/es/losas-sin-vigas-con-esferas-o-discos/> Consultado el 20 de Noviembre, 2017

Catálogo Siplast. Cubiertas Ajardinadas Intensivas y Ecológicas. p. 9. Consultado el 20 de Noviembre, 2017.

Catálogo Glasstech. Fachadas y Muros Cortina. Consultado el 20 de Noviembre, 2017.

Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO. (2002) El cultivo protegido en clima mediterráneo. Manual sobre producción y protección vegetal. <http://www.fao.org/docrep/005/s8630s/s8630s05.htm> Consultado el 28 de Noviembre, 2017

Novedades agrícolas. Materiales para Invernaderos. <http://www.novedades-agricolas.com/es/venta-invernaderos-novedades/materiales-y-estructuras/materiales-para-invernaderos> Consultado el 20 de Noviembre, 2017

Osnaya Maricarmen, (2012). Propuesta de Diseño de un Humedal Artificial para el Tratamiento de Aguas Residuales en la Universidad de la Sierra Juárez. Universidad del Sierra Juárez, México.

Lombrifiltro Chile Ingeniería Ambiental Ltda. <http://www.lombrifiltro.cl/Lombrifiltro.html> Consultado el 1 de Noviembre, 2017

Yachán Matías. Ingeniero Civil Estructural. Clase de Humedades. Diplomado Arquitectura Sustentable 2017, Universidad de Chile.

## MULTIMEDIA

Emanuelli, Patricio, Ingeniero forestal. "Cambio climático: El avance del desierto". Entrevista para Reportajes T13 por Marcelo Lagos. 3 de Abril 2017

Marcelo Lagos, Geógrafo (2017). "Cambio climático: El avance del desierto". Reportajes T13. 3 de Abril 2017

Céspedes, Luis Felipe. Ministro de Economía (2017). "Inversión en I+D en Chile sube 4.4%, pero aún es la más baja de los países OCDE". Entrevista para El Mercurio, 30 de enero 2017. <http://www.emol.com/noticias/Economia/2017/01/30/842436/Inversion-en-ID-en-Chile-sube-44-pero-todavia-es-la-mas-baja-de-los-paises-OCDE.html> Consultado el 13 de noviembre, 2017

## ENTREVISTAS REALIZADAS POR LA AUTORA

Entrevista grabada, Rondanelli, Roberto. Ingeniero Civil Químico, Entrevistado por el autor. 3 de Mayo, 2017, Santiago

Entrevista grabada, Carvajal, Danilo. Ingeniero Civil Químico. Entrevistado por el autor. 17 de Mayo, 2017, Santiago

Entrevista grabada, Jofré, Patricio. Periodista encargado de comunicación y difusión del CEAZA. 11 de Agosto, 2017, La Serena.

Entrevista grabada, Vasquez, Claudio. Gerente Corporativo CEAZA. 11 de Agosto, 2017, La Serena.