



UNIVERSIDAD  
**DE ATACAMA**

FACULTAD DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA COMERCIAL

**MODELO DE APLICACIÓN DE LA BIOMIMÉTICA EN LAS  
ORGANIZACIONES DE LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN EN LA  
REGIÓN DE ATACAMA**

Trabajo de titulación presentado en conformidad a los requisitos para obtener el título de  
Ingeniero Comercial.

Profesor Guía: Milena Murillo Salazar

Juan Figueroa Cooz

Copiapó, Chile 2021

## Índice

<b>Resumen</b> .....	<b>vi</b>
<b>Capítulo I. Introducción</b> .....	<b>1</b>
<b>Capítulo II. Aspectos introductorios</b> .....	<b>2</b>
2.1. Justificación.....	2
2.2. Objetivo general .....	3
2.3. Objetivos específicos.....	3
2.4. Alcances y limitaciones.....	3
2.5. Hipótesis.....	4
2.6. Planteamiento del problema .....	4
2.7. Preguntas de investigación. ....	5
<b>Capítulo III. Marco Teórico</b> .....	<b>6</b>
3.1. Biomimética: Innovación inspirada en la naturaleza.....	6
3.2. La industria de la construcción y sus efectos .....	8
3.3. Las organizaciones y la sostenibilidad .....	10
3.4. Biomimética en la actualidad .....	11
3.5. Ejemplos de biomimética en la industria de la construcción .....	13
3.6. La industria en Atacama.....	16
<b>Capítulo IV. Marco Metodológico</b> .....	<b>19</b>
4.1. Enfoque .....	19
4.2. Diseño.....	19
4.3. Diseño alternativo.....	20
4.4. Muestreo .....	22
4.5. Recolección de datos .....	23
4.6. Análisis e interpretación de resultados .....	27

4.6.1.	Primera inmersión .....	27
4.6.2.	Inmersión profunda .....	28
4.6.3.	Análisis detallado .....	28
<b>Capítulo V. Análisis e Interpretación de Resultados. ....</b>		<b>30</b>
5.1.	Análisis de la industria de la construcción en la Región de Atacama. ....	30
5.2.	Desarrollo del modelo biomimético a aplicar. ....	32
5.2.1.	Aprender.....	33
5.2.2.	Vincular.....	35
5.2.3.	Definir .....	38
5.2.4.	Idear.....	39
5.2.5.	Pruebas o Prototipado .....	42
5.2.6.	Evaluar o Testear.....	44
5.3.	Resultados .....	46
5.3.1.	Preguntas de investigación.....	46
5.3.2.	Hipótesis.....	48
<b>Capítulo VI. Conclusiones.....</b>		<b>49</b>
<b>Anexos</b>	<b>.....</b>	<b>54</b>
Anexo N°1: Resultados de encuesta aplicada a estudiantes de la carrera de Construcción Civil que cursaron la asignatura Evaluación y control de proyectos.....		
		54
Anexo N°2: Material gráfico generado y entregado a las empresas. ....		
		58

## Índice de Figuras

Figura III-I: Principios de vida.....	8
Figura III-II: Proceso de regeneración de grietas del Bioconcreto. ....	14
Figura III-III: El centro comercial EastGate Centre y el sistema de corrientes de los montículos de termitas de Zimbabue .....	15
Figura III-IV: Ciudad planificada de Lavasa, India. ....	16
Figura IV-I: Esquema de segmentación de categorías.....	22
Figura V-I: Checklist del entorno natural .....	37
Figura V-II: Imágenes del proyecto centro turístico laguna verde. ....	39
Figura V-III: Imágenes del entorno natural de laguna verde, fotografía Isadora Cavieres .....	39
Figura V-IV: Funcionamiento de humedal artificial.....	42
Figura V-V: Humedales artificiales de Eco-machines y Bioheaven floating island.....	42

## Índice de Tablas

Tabla IV-I: Tabla de recolección de datos primera entrevista .....	25
Tabla IV-II: Categorización de datos .....	29

## Resumen

Encontrar soluciones sostenibles a las problemáticas que presentan los procesos y productos de las empresas no es una tarea sencilla, la industria de la construcción no está libre de estas problemáticas, considerando que es una de las principales causantes de la contaminación atmosférica y el cómo la edificación humana toma día a día más territorio en el mundo. En la región de Atacama, Chile, estas problemáticas tienden a estar orientadas a factores climatológicos y medioambientales propios de la región. Es por ello que se propuso un modelo aplicado de biomimética, con el fin de encontrar soluciones a estas problemáticas en la observación y estudio de la naturaleza. Esto se llevó a cabo a través de un trabajo en conjunto con empresas de la industria regional, organizaciones regionales relacionadas y departamentos de la Universidad de Atacama, quienes a través de su interés y participación ayudaron a desarrollar el modelo. El modelo denominado Bio Design Thinking entregó resultados de mejora a los procesos y productos de las empresas de la industria en la región de Atacama, resultados de carácter subjetivo enfocados en una visión holística de los proyectos, una visión que considera problemáticas del pasado y futuro, y un vínculo desarrollado entre las ciencias naturales y la industria a través de la biomimética y una sinergia multidisciplinaria.

BIOMIMÉTICA – CONSTRUCCIÓN – INNOVACIÓN

## Capítulo I. Introducción.

La presente investigación se refiere al tema de la biomimética, que se puede definir como una ciencia que estudia a la naturaleza como fuente de inspiración para resolver problemas humanos a través de innovaciones en procesos o productos. Este tema se aplica en la industria de la construcción de la región de Atacama, Chile, la cual engloba a todas las empresas u organizaciones encargadas de la construcción de edificaciones, obras industriales y/u obras civiles.

Esta industria a nivel nacional es conocida como el termómetro de la economía, esto ya que su crecimiento afecta directamente a otros sectores productivos. Asimismo, los proyectos de la construcción generan un aumento de capital físico, de la tasa de empleo y la productividad. Es por ello que la misma tiene un factor clave en el desarrollo del país (Espinoza, 2020).

La investigación se realiza con el interés de analizar los resultados que logre presentar un modelo biomimético aplicado en una industria de la región de Atacama, región en la cual no se ha trabajado esta ciencia a profundidad. Asimismo, se busca aportar con un análisis subjetivo de los resultados tanto a la región de Atacama y la industria de la construcción, como a la ciencia de la biomimética.

El marco teórico ayuda a comprender las bases científicas de la investigación, desarrollando el concepto de biomimética, sus definiciones, modelos, visión, principios y algunos ejemplos de biomimética en la industria de la construcción. Asimismo, se entrega una visión actualizada de la industria en Atacama, sus efectos, las problemáticas de la región, el desarrollo de las organizaciones y hacia dónde se dirige la industria.

El marco metodológico se centra en una investigación cualitativa, con un diseño de investigación-acción, en donde a través de la comunicación y participación de las empresas de la región, principalmente a través de entrevistas, se logra encontrar solución a sus problemáticas de procesos y/o productos. Se trabaja con un muestreo de expertos de la industria de la construcción y el análisis se realiza de manera constante a través de 3 etapas: primera inmersión, inmersión profunda y análisis detallado.

## Capítulo II. Aspectos introductorios.

### 2.1. Justificación

La siguiente investigación busca abordar el tema de la biomimética, que en la industria de la construcción de la región de Atacama no se ha estudiado en detalle, para esto se busca entregar una visión general de la temática, con el fin de explorar los resultados que tendría un modelo biomimético aplicado, principalmente resultados en la mejora de los procesos o productos, considerando el desarrollo sostenible como objetivo a lograr.

Además, la región de Atacama, durante la última década, se vio devastada por inundaciones con ciclos inevitables provocado por fenómenos hidrometeorológicos que trajeron consigo fuertes lluvias en las zonas precordilleranas de la región. Este abrupto aumento de caudal en ríos y quebradas generó inundaciones, las cuales provocaron pérdidas de vidas humanas, daños a viviendas, infraestructuras, equipamiento urbano, y predios agrícolas (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2021a). Un modelo biomimético entregaría una respuesta para suscitar la resiliencia, definida como la capacidad de adaptarse a situaciones adversas de carácter externo con resultados positivos. Esto considerando que la naturaleza afronta los disturbios de índole natural como incendios, inundaciones o terremotos, a través de la:

- **Diversidad:** Múltiples formas, procesos o sistemas que satisfacen una necesidad funcional. Incluye variedad de respuestas conductuales, físicas o fisiológicas a cambios en el medio ambiente.
- **Redundancia:** Existe más de una sistema representativo u organismo que proporciona cada función y que existe una superposición por lo que la pérdida o disminución de uno de ellos no destruye todo el sistema.
- **Descentralización:** Mecanismos dispersos dentro del sistema, para que un disturbio localizado no remueva una o más partes de un sistema.
- **Auto-Reparación:** Capacidad de generar nuevos mecanismos, de sanar mecanismos y sistemas dañados y responder a amenazas externas (Biomimicry Institute, n.d.-b).



Del concepto de resiliencia en entornos naturales y en entornos urbanos, nace el concepto de diseño vivo y biomimético y la arquitectura sostenible, que re-imaginan la relación entre los seres humanos y los sistemas de vida adaptando comunidades y construcciones a nuevos criterios de restauración, regeneración, flexibilidad, accesibilidad, sostenibilidad y bienestar. A través de 3 elementos fundamentales: Ambientes interiores saludables, máxima eficiencia y conservación de la energía y un uso racional de los recursos naturales (Michel, 2019; Villa, 2009).

## 2.2. Objetivo general

Establecer un modelo para la incorporación de la biomimética en organizaciones de la industria de la construcción en la Región de Atacama que permita contribuir a encontrar soluciones eficientes y sostenibles para procesos y productos.

## 2.3. Objetivos específicos

- Describir el contexto regional de la industria de la construcción y sus implicancias.
- Investigar los modelos biomiméticos que existen en la actualidad, ventajas y desventajas de acuerdo con el contexto.
- Explorar posibilidades de incorporar procesos y/o productos basados en la biomimética.
- Desarrollar un modelo que sirva como guía para las organizaciones al momento de querer incorporar la biomimética en su organización.
- Proporcionar información a las empresas sobre la importancia que tiene la naturaleza y el medio ambiente, no solo como fuente de recursos, sino también de inspiración y conocimiento.

## 2.4. Alcances y limitaciones

El siguiente trabajo de investigación presenta un modelo biomimético que sirve como guía para la solución de problemáticas de productos y procesos a través de soluciones naturales, así como su aplicación dentro de la industria de la construcción, la cual incluye:

- Fabricación de materiales de construcción: Materia prima o productos empleados en la construcción de obras de ingeniería civil.
- Arquitectura: Arte y técnica de diseñar y construir, modificando el hábitat humano, estudiando la estética, buen uso y la función de los espacios arquitectónicos y urbanos.

- Urbanización: Acción de levantar un terreno, que antes era rural o no construido, y hacer las instalaciones y operaciones necesarias para edificar en él y dotarlo de infraestructuras y servicios.

Dentro de las limitaciones de la investigación está que la aplicación del modelo dentro de la industria se puede ver afectada por la falta de interés de las organizaciones en la implementación del modelo, producto de que económicamente no les resulte rentable en base a sus recursos, tecnológicamente no dispongan de equipo para aplicar una posible solución, socialmente no estén dispuestos a afrontar un cambio o no les interese la propuesta. En caso de que esto ocurra se puede realizar una aplicación ficticia considerando los factores por los que la organización no puede aplicar el modelo.

## 2.5. Hipótesis

El trabajo se realiza en base a la hipótesis de “Un modelo biomimético trae consigo una mejora en el desarrollo de procesos y productos”. Esta hipótesis es verificada al final del proceso con la verificación de resultados, esto para analizar si la hipótesis es aceptada o no, y el ¿Por qué?

## 2.6. Planteamiento del problema

Existe una problemática a nivel organizacional sobre cómo encontrar soluciones para mejorar productos, procesos y políticas de manera económica, eficiente y sostenible. A esto se suma que existe un problema ambiental a nivel mundial del cual las organizaciones no quedan exentas. De acuerdo con lo expuesto, un modelo que incorpore estos componentes y se base en la naturaleza podría contribuir no solo desde un punto de vista económico, sino que también ambiental y social, contribuyendo así a un desarrollo sostenible.

Sumado a esto se tiene el hecho de que la región de Atacama, dado sus características climáticas y fenómenos naturales, queda fuertemente expuesta a sufrir daños principalmente por inundaciones, aluviones, sismos o terremotos, esto se debe a que la infraestructura y el ordenamiento territorial no están previstos para estas catástrofes naturales.

## 2.7. Preguntas de investigación.

- ¿Qué resultados entrega un modelo biomimético en la industria de la construcción de la región de Atacama?
- ¿Las empresas de la construcción en la región están adaptadas para la incorporación de un modelo biomimético?
- ¿Qué importancia tiene el contexto al momento de aplicar un modelo biomimético en la región?
- ¿Dónde se incorpora un modelo biomimético en la estructura de la organización?  
Y ¿Cómo se incorpora?

## Capítulo III. Marco Teórico.

### 3.1. Biomimética: Innovación inspirada en la naturaleza

Biomimética, también conocida como biomimesis o biomimetismo, significa literalmente imitar la vida, y, según la bióloga y consultora de innovación, Janine Benyus (2002), “es una nueva ciencia que estudia los modelos de la naturaleza y entonces imita o toma inspiración a partir de estos diseños y procesos para resolver problemas humanos” (como se citó en Blok & Gremmen, 2016). Esta ciencia considera la naturaleza como mentora y como fuente de inspiración, principalmente en lo que respecta a los organismos y ecosistemas, es así que esta ofrece una comprensión empática e interconectada de cómo funciona la vida y como encajan los humanos en la misma (Biomimicry Institute, n.d.-c). Es así como según el arquitecto Michael Pawlyn (2011), la naturaleza lleva 3.800 millones de años de investigación y desarrollo, logrando a través de la evolución, encontrar soluciones eficientes, sostenibles y con cero desperdicio (como se citó en Pathak, 2019).

De acuerdo con autores como Estela et al. (2011) y McGregor (2013), la biomimética propone una nueva visión y valor a la naturaleza, no solo como fuente de recursos, sino a mirar la naturaleza como modelo, medida y mentora de las actividades humanas y de la práctica industrial.

1. Modelo, ya que la naturaleza proporciona información sobre nuevas formas de superar el día a día. En la naturaleza no hay desperdicio, las formas, flujos, interacciones y sistemas llevan millones de años funcionando de manera interconectada, sin fronteras que separen las cosas. Esta interconexión respetaría las necesidades de las otras especies, es decir, permanecer en su sitio sin arruinar el capital ecológico.
2. Medida, ya que la naturaleza es eficaz, eficiente, simple y sostenible. Esto se debe a que la naturaleza trabaja en base a unos estándares ecológicos denominados Principios de la vida, los cuales han demostrado ser consistentes a través de las generaciones.
3. Mentora, ya que la naturaleza ha tenido 3.8 mil millones de años para evolucionar y adquirir experiencia de la evolución de los sistemas vivos a sistemas complejos, eficientes, resilientes y adaptables. La naturaleza ha descubierto que funciona, que

es apropiado y que perdura en el tiempo, es por ello que aprender de la naturaleza es aprender a encajar con el resto de la naturaleza.

La naturaleza provee recursos y condiciones a todos los organismos para crecer y reproducirse, estos organismos son los que toman ventaja de estos factores, a través de un proceso de evolución que toma cientos o miles de millones de años, para considerar los mejor adaptados al entorno. Adaptarse al entorno es necesario para que los organismos puedan vivir, a esto se le denomina hábitat (Boaretto et al., 2021). La biomimética trabaja sobre la base de los principios de vida, los cuales son patrones encontrados en la mayoría de las especies que sobreviven y prosperan en la Tierra (Biomimicry3.8, 2016).

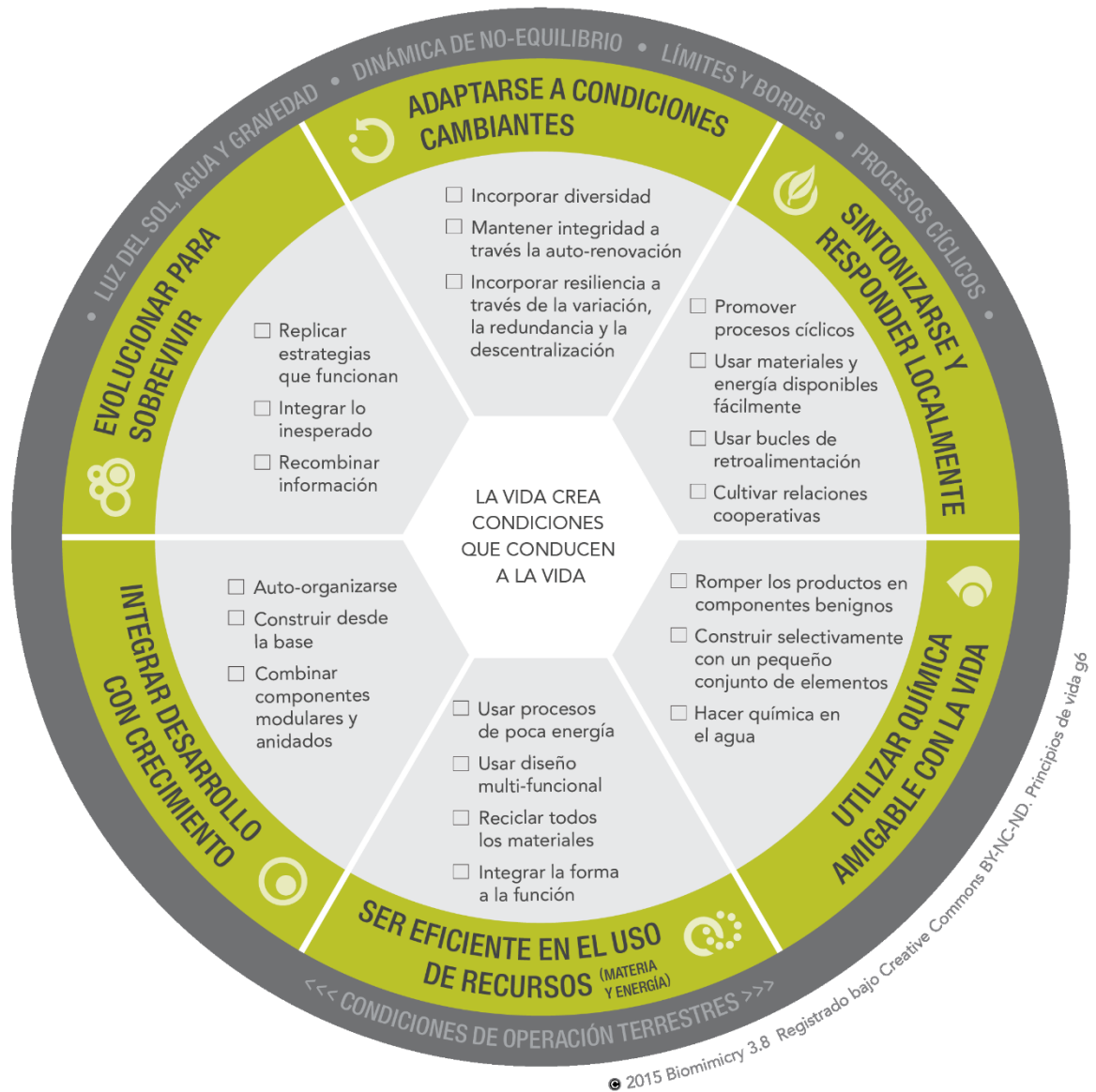


Figura III-I: Principios de vida

(Biomimicry3.8, 2016)

Estos 6 principios de vida son los ideales a los que aspira el ser humano a través de sub-acciones para cumplirlos (Biomimicry3.8, 2016).

### 3.2. La industria de la construcción y sus efectos

La industria de la construcción tiene un gran impacto ambiental en los recursos naturales y es una de las principales causantes de la contaminación atmosférica. La extracción de materias primas, su transformación, transporte y aplicación en edificaciones, tienen un consumo energético muy alto, lo que convierte a esta industria en uno de los sectores

productivos con mayor impacto en el medio ambiente. Además, los edificios sin consideraciones de diseño para la optimización de energía y recursos tienen gastos económicos ineficientes en construcción y desempeño (Villa, 2009)

Por otro lado, los edificios actuales que cada vez ocupan más parte del territorio poseen un ambiente hostil para las personas, con atmósferas interiores peligrosas para sus ocupantes dando lugar al “síndrome del edificio enfermo” (Bautista & Loaiza, 2018), definido por la Organización Mundial de la Salud como un conjunto variado de síntomas que experimentan las personas que trabajan en edificios con mala calidad de aire en espacios cerrados y con materiales sintéticos, como cerámicas, plásticos, acero inoxidable, productos de limpieza, etc. (como se citó en Berenguer, n.d.; Botella, 2020; Morán et al., 2017).

La región de Atacama destaca por su buena percepción de la calidad urbana de la población, principalmente en sus viviendas, según la encuesta Percepción de Calidad de Vida Urbana (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2015), se observó que existe una gran satisfacción por su lugar de residencia tanto a nivel ciudad, comuna, barrio y vivienda. Sin embargo, en contraste con lo anterior, se detectó un gran descontento con el ambiente exterior de los ciudadanos, es decir calles, veredas, ciclovías, avenidas, inclusión a personas con dificultad de movilidad en espacios públicos y medio ambiental, teniendo este último una baja aceptación por los ciudadanos de la región. Con respecto a los términos medio ambientales de la región se tienen los resultados de la Encuesta Nacional de Medio Ambiente (Universidad Católica, 2018), que indican que:

- Un 19% de la población considera la calidad del aire de la región como pésima o mala, mientras que el promedio nacional para pésima o mala calidad de aire es de un 4%,
- Un 21% considera que el estado de la flora y la fauna es pésima o mala, mientras que el promedio nacional fue de un 13% para pésima o mala,
- Un 26% considera la calidad de plazas y parques urbanos como pésima o mala, mientras que el promedio nacional fue de un 16% para pésima o mala, y
- Un 21% afirma que la situación medio ambiental en general de la región es pésima o mala, mientras que el promedio nacional para pésima o mala es de un 7%.

Estos resultados demuestran que, en dichas categorías, relacionadas con el medio ambiente, la región de Atacama se encuentra en un estado inferior al promedio nacional, además, en cada una de las categorías, la región de Atacama fue la que demostró peor estado general en comparación con el resto de las regiones.

### 3.3. Las organizaciones y la sostenibilidad

De acuerdo con lo anterior, es importante establecer en la industria de la región una conducta proambiental que se alinee con un desarrollo sostenible, definido como la capacidad humana para garantizar que se cumplan las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades (World Commission on Environment and Development, 1987). Una de las maneras para lograr el desarrollo sostenible es a través de un enfoque de 2 pilares: reducción de la sobre explotación de los recursos naturales y la disminución de la contaminación asociada a los procesos productivos, a este enfoque se le denomina ecoeficiencia, cuya premisa principal es que las empresas pueden rediseñar sus sistemas industriales para alcanzar una calidad ambiental así como una eficiencia económica (Giuliano, 2014; Leal, 2005).

Este cambio de conducta no es algo sencillo, los modelos económicos y de gestión no responden de manera eficiente al llamado del desarrollo sostenible, esto se debe a que funcionan con una visión antropocéntrica que sitúa a los seres humanos como centros y dueños de su entorno y los recursos naturales que se encuentran a su disposición. Esto ha traído consigo problemas ambientales como el efecto invernadero, las lluvias acidas, los agujeros en la capa de ozono, la deforestación, contaminación del agua, extinción de especies animales y vegetales y un largo etc. (Durán & Villanueva, 2000).

Durante muchos años las actividades empresariales, gubernamentales y sociales se han desempeñado de manera insostenible, esto debido a un modelo lineal donde la prioridad recae en la economía, y solo luego de que esta se garantizaba, recién se diseñaban los procesos y productos con criterios sociales y ambientales, en caso de ser posible. Con el paso de los años se establecieron conjuntos de principios, técnicas y herramientas, de los cuales se destaca la ingeniería sostenible de la cuna a la cuna, que modifica el modelo lineal a uno dinámico no lineal, que no concibe de manera independiente el capital



financiero, el capital humano y el capital natural, sino que establece una interdependencia transformándolos en capitales y activos eco-sociales (Estela et al., 2011).

### 3.4. Biomimética en la actualidad

En la actualidad, la organización que busca el desarrollo de la biomimética para productos, procesos y políticas con mayor relevancia es el *Biomimicry Institute*, una organización sin fines de lucro fundada en 2006 por Janine Benyus y Bryony Schwan, siendo el propósito del mismo, naturalizar la biomimética en la cultura promoviendo la transferencia de ideas, diseños y estrategias de la biología al diseño de sistemas sostenibles (Biomimicry Institute, n.d.)

Dicho instituto generó “La Perspectiva de Diseño de la Biomimesis” como una metodología o marco de referencia que entrega mayor valor principalmente en 4 áreas del proceso de diseño: Contextualizar, descubrir, crear y evaluar (Biomimicry3.8, 2016).

La aplicación del concepto de biomimética se puede ver a través de 2 puntos de partida:

- Del desafío a la biología: Es la vía utilizada para cuando se tiene un problema o desafío específico y se busca una inspiración biológica para solucionarlo (Biomimicry3.8, 2016; Boaretto et al., 2021). Para este acercamiento, se busca solucionar un problema a través de una solución imitando a un modelo natural, es común utilizar el “Modelo de Espiral de Diseño” propuesto por el Biomimicry Institute, el cual consta de 6 pasos que un equipo de diseño debe seguir cuando busca soluciones biomiméticas para un desafío de diseño. El modelo de espiral describe una serie de pasos secuenciales, dando flexibilidad para ir y venir entre los diferentes pasos o repetirlos en caso de ser necesario (Biomimicry3.8, 2016; Pandremenos et al., 2012; Rocha et al., 2012). Los 6 pasos son:
  - Definir el desafío o problemática: En este paso se considera qué se quiere hacer, para quién y en qué contexto, se enfoca en un reto específico considerando las habilidades y recursos que se disponen. Se recomienda plantear como pregunta, no muy generalizada, ni muy limitada.
  - Biologizar: Analiza las funciones esenciales y el contexto que el diseño debe abordar. El objetivo de este paso es obtener preguntas del tipo “¿Cómo la naturaleza...?” Seguido de la problemática simplificada y

expresada en taxonomía biomimética (une, mueve, protege, coopera, reproduce, distribuye, etc.). Es el paso crucial en el modelo, ya que es el conector entre la problemática definida y su símil en la naturaleza.

- Descubrir: En esta etapa del proceso se buscan los organismos o ecosistemas que aborden las mismas funciones y contextos definidos anteriormente, el objetivo del paso es recolectar información, generar la mayor cantidad posible de fuentes de inspiración, utilizando las preguntas del paso anterior. Buscar diferentes especies, ecosistemas y escalas. Se recomiendan como técnicas para la obtención de información páginas web como Asknature.org, la cual recopila información biológica y científica para esta etapa, también es crucial la investigación científica de investigaciones biológicas de fuentes confiables, la comunicación con biólogos o naturalistas permite obtener información de profesionales con formación en ciencias naturales, por último se recomienda observar los alrededores, los organismos de los alrededores sobreviven bajo el mismo contexto que se toma en consideración y cumplen funciones que pueden servir de idea o inspiración, para a posterior realizar la consulta a recursos científicos.
- Abstractar: Estudiar las características o mecanismos esenciales que hacen que la estrategia biológica sea exitosa. El objetivo de este paso es lograr una traducción de las soluciones biológicas a soluciones de diseño, en esta etapa se describe como operan las estrategias biológicas, pero sin términos biológicos potencialmente desconocidos.
- Emular: Busca patrones y relaciones entre estrategias encontradas para concentrarse en las lecciones clave que aportan información a la solución. Es donde se aplica la biomimética, aprender de los organismos vivos y aplicar lo aprendido a los desafíos humanos a resolver, no es copiar exactamente las estrategias de la naturaleza, sino más bien que el símil en la naturaleza sea modelado en los propios diseños.
- Evaluar: En el último paso, se examinan los conceptos de diseño que se desarrollaron en el paso anterior y se analiza que tan viable es,

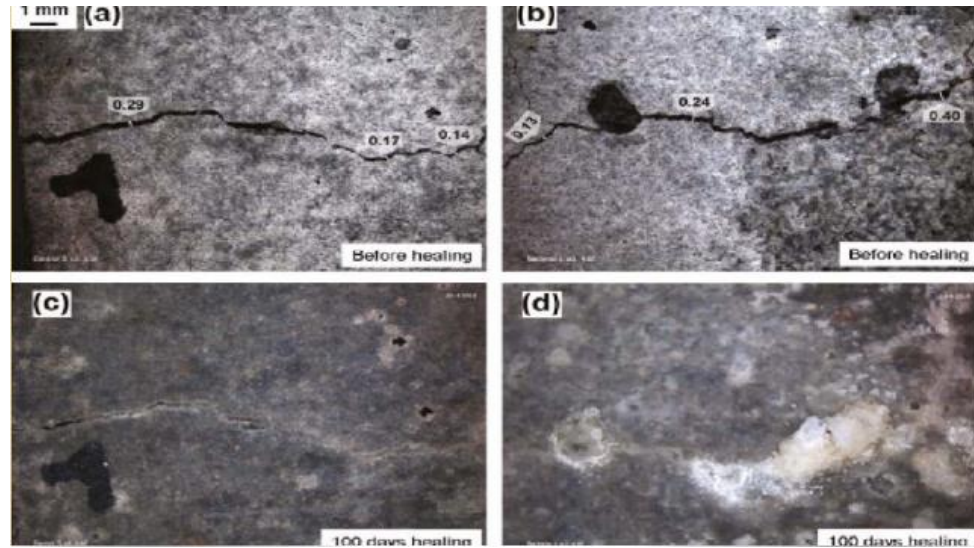
tecnológicamente, económicamente, ecológicamente, socialmente, etc. Durante todo el proceso se realizan evaluaciones de manera simple, viendo la viabilidad de los conceptos o los que tengan mayor potencial, pero es aquí donde realiza de manera completa, considerando los sistemas que están involucrados y las restricciones de viabilidad.

Terminados los 6 pasos es importante recorrer nuevamente los pasos para mejorar el concepto de diseño mediante la iteración constante (Biomimicry3.8, 2016; Pandremenos et al., 2012; Rocha et al., 2012).

- De la biología al diseño: Es un camino menos metodológico que el anterior y nace de la observación de un fenómeno o mecanismo en la naturaleza que resulta interesante para alguna aplicación. Es una alternativa que depende de la capacidad del observador de encontrarle una utilidad a dicho fenómeno o mecánica (Biomimicry3.8, 2016).

### 3.5. Ejemplos de biomimética en la industria de la construcción

Considerando que Chile es un país sísmico, el primer ejemplo asociado a la industria de la construcción, es uno de los materiales más utilizados, el concreto, gracias a su trabajabilidad y resistencia, sin embargo, es relevante mencionar que el concreto presenta problemas al largo plazo, como las fisuras o el deterioro, que puede verse acelerado por movimiento telúricos. Como manera de solventar esa problemática se tiene el Bioconcreto o concreto autorreparable, una invención del microbiólogo Hendrik Marius Jonkers, quien, imitando el proceso natural de regeneración del tejido óseo por mineralización, desarrolló un concreto con cápsulas bacterianas integradas que se encargan de sellar las grietas y fisuras produciendo calcita al entrar en contacto con aire y humedad. Económicamente es 3 veces más caro la implementación de este concreto, pero ese costo se ve subsanado al largo plazo al disminuir los costos de reparación (Daza & Guarnizo, 2020; Ponce et al., 2015).



*Figura III-II: Proceso de regeneración de grietas del Bioconcreto.*

*(Ponce et al., 2015)*

Otro ejemplo de biomimética, esta vez desde una mirada arquitectónica, es el centro comercial *EastGate Centre* en Zimbabwe, este edificio fue construido en la década de los 90, luego de varios estudios a montículos de termitas africanas liderados por el arquitecto Mick Pearce y el fisiólogo J. Scott Turner. Los montículos de las termitas tienen la capacidad de mantener de manera pasiva una temperatura de 31°C con una variación de 1°C, mientras que las temperaturas del exterior varían a lo largo del día entre 3°C y 42°C. Estos insectos logran la capacidad térmica gracias a una combinación entre el material del montículo y los sistemas de ventilación de enfriamiento, manejando cuidadosamente el sistema de corrientes ajustado en toda la estructura. El centro comercial *EastGate* logró una tremenda mejoría en los sistemas de ventilación al inspirarse en las termitas, hasta el punto de llegar a un consumo del 10% de ventilación de un edificio estándar de tamaño similar. El proyecto llevó a un ahorro de casi 3,5 mil millones de dólares al no instalar un sistema de ventilación estándar (Fayemi et al., 2014; Pathak, 2019).



*Figura III-III: El centro comercial EastGate Centre y el sistema de corrientes de los montículos de termitas de Zimbabwe*

*(Pathak, 2019)*

Finalmente, un ejemplo significativo desde un punto de vista de una urbanización como ecosistema biomimético sería la ciudad privada y planificada de Lavasa, India. Planificada y elaborada por la empresa de arquitectura HOK, quienes junto con el servicio de Biomimicry 3.8 llevaron a cabo el proyecto que tenía como objetivo fundamental evitar los efectos de la temporada de monzón, vientos que producen lluvias torrenciales y fuertes inundaciones. Para esto se analizaron cerca de 20 organismos de la zona y se observó como sobrellevaban las lluvias e inundaciones, de estos se destacan el almacenamiento de agua de la ciudad, inspirado en la manera en que los árboles locales, los nidos de las hormigas cosechadoras y las hojas de higuera de banyan utilizan redistribución hidráulica, en donde a través de sus raíces, superficies y construcciones, atraen y distribuyen el agua de lluvia del suelo para almacenarla y sobrellevar las temporadas secas, es decir recolección de agua de lluvia a nivel ciudad (Asikkutlu et al., 2018; Biomimicry3.8, n.d.; Buck, 2015; Parikh, 2015; Radwan & Osama, 2016; Rossin, 2010).



*Figura III-IV: Ciudad planificada de Lavasa, India.*

*(Asikkutlu et al., 2018)*

### 3.6. La industria en Atacama

La región de Atacama se encuentra ubicada en la zona norte de Chile, en esta región predomina el clima desértico con precipitaciones de régimen invernal. Atacama también cuenta con zonas costeras y cordilleranas. En lo económico, Atacama es una zona caracterizada por su concentración en la actividad minera, siendo la más importante para el desarrollo regional, seguida de esta se encuentra la actividad agrícola, que se ve afectada negativamente por la crisis hídrica de la región, así como por los cambios climáticos que afectan la misma. La región también destaca por su potencial turístico, el cual con el desarrollo e intervención humana adecuada puede pasar de ser solo un patrimonio turístico a ser un recurso turístico, que desarrolle esta actividad satisfaciendo las necesidades de la demanda turística. Además la región destaca por ser líder nacional en utilización de energías renovables no convencionales (ERNC) para la generación de electricidad (Instituto Nacional de Estadística [INE], n.d.; Solís et al., 2019).

Esta región se vio afectada fuertemente por el aluvión del año 2015 e inundaciones el año 2017, como manera de recuperación regional el gobierno puso en marcha el “Plan de reconstrucción Atacama”, en el cual se invirtieron 600 millones de dólares para dar solución a las consecuencias de las fuertes lluvias, el plan se basó principalmente en 4 ejes: La infraestructura, un fomento productivo como rehabilitador de la economía, vivienda y espacios públicos y saneamiento sanitario. Además, se actualizó el Plan

Regulador<sup>1</sup> Comunal de Copiapó, Tierra Amarilla, Chañaral y Diego de Almagro, con el fin de disminuir el impacto que este tipo de lluvias tienen sobre el territorio (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, n.d.-a). Los reportes del Plan de Reconstrucción 2015-2021 y 2017-2021 señalan que se han concretado casi en su totalidad las reparaciones infraestructurales y se generaron ofertas habitacionales para familias que habitaban en zonas inseguras (Gobierno de Chile, 2015; Ministerio de Vivienda y Urbanismo, n.d.-b, 2021a, 2021b). Como se observó en ejemplos previos, la biomimética puede ser una alternativa para brindar soluciones a este tipo de catástrofes, no solo reparando infraestructuras y trasladando a la población, sino más bien adaptando las construcciones al contexto regional para no verse afectado por dichas catástrofes naturales, e inclusive poder obtener beneficios de la misma.

La industria de la construcción de Atacama se adentra en la cuarta revolución industrial también llamada industria 4.0, concepto que se refiere a la automatización, digitalización de procesos y el uso de las tecnologías de la electrónica y de la información, es decir una revolución a partir de un avance en las tecnologías, principalmente informática y software (Román, n.d.; Ynzunza et al., 2017). Dentro de la industria de la construcción en particular se refiere a todo el proceso, condiciones de colocación para la construcción, diseño y preparación de la inversión, la construcción en sí, y la operación y mantenimiento de las edificaciones (Maskuriy et al., 2019). Según el Observatorio Laboral de la Región de Atacama, desarrollado por el SENCE y ejecutado por el Instituto Profesional INACAP, existen desafíos de la construcción en la industria 4.0 tales como la automatización, ya que la digitalización, robótica e inteligencia artificial, modificaron el criterio en la ejecución de obras y etapas de construcción, principalmente en la incorporación de nuevas competencias y capacidades entre los trabajadores, la equidad de género, ampliando la perspectiva de desarrollo del sector que ha sido históricamente masculinizado, y la sostenibilidad, especialmente en sistemas más amigables con el medio ambiente, un ejemplo es la bioconstrucción, que se centra en edificaciones con materiales de bajo impacto ambiental. Estos 3 desafíos buscan desarrollar el nuevo concepto de *Smartcities*

---

<sup>1</sup> El Plan Regulador es un instrumento de planificación territorial que contiene un conjunto de disposiciones sobre adecuadas condiciones de edificación, y espacios urbanos y de comodidad en la relación funcional entre las zonas habitacionales, de trabajo, equipamiento y esparcimiento (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, n.d.-a).

o ciudades inteligentes, que buscan crear ciudades sostenibles económica, social y medioambientalmente a través del uso de tecnologías de información para los servicios de la ciudadanía (Servicio Nacional de Capacitación y Empleo, 2021). Un modelo biomimético como una herramienta para los procesos productivos de las organizaciones de la construcción puede ayudar a enfrentar los desafíos de la nueva industria, principalmente en términos de un desarrollo sostenible.



## Capítulo IV. Marco Metodológico.

### 4.1. Enfoque

La investigación incluyó un enfoque cualitativo buscando desarrollar un modelo basado en la biomimética que permitiese evaluar sus resultados, se trabajó un enfoque donde los planteamientos iniciales, preguntas de investigación e hipótesis, no necesariamente estaban definidos por completo antes de la recolección y análisis de datos, sino más bien la recolección y análisis de los datos ayudaron a esclarecer dichos planteamientos iniciales, la razón de esto es porque se intentaba observar resultados de una nueva ciencia en un terreno donde no se había incorporado anteriormente, esto sumado a la necesidad propia de adentrarse en un nuevo ambiente, como la industria de la construcción, llevó a que la investigación en si pudiese modificarse a medida que se entendía mejor el entorno de la industria, regresando así a pasos previos de la investigación y a la literatura consultada constantemente. Los resultados obtenidos de la investigación no se basaron en una interpretación no probabilística o estadística, sino más bien en una perspectiva interpretativa para entender las razones de dichos resultados de manera subjetiva.

### 4.2. Diseño

El presente trabajo se basó en un diseño de investigación-acción sobre las empresas de la industria de la construcción en la región de Atacama, se buscó llegar a comprender las problemáticas que las empresas presentan o pueden llegar a presentar. Asimismo, se entregaron soluciones a algunas de las problemáticas, principalmente en sus procesos, a través del desarrollo e implementación de un modelo. Para este diseño fue necesaria la colaboración de las empresas al momento de detectar necesidades, procesos, mejoras o prácticas que requieran modificación y la implementación de los resultados del estudio.

Este diseño constó de 4 etapas:

- Identificación de la o las problemáticas: a través de la recolección de datos se establecieron las problemáticas a resolver y el ambiente donde se trabajó, estas problemáticas fueron validadas con los participantes a medida que se desarrollaba la entrevista.

- Elaboración del plan de acción: en base a las problemáticas identificadas y el entorno a trabajar se desarrolló el modelo biomimético denominado Bio Design Thinking, el cual sirvió como guía para hallar soluciones a las problemáticas. Se establecieron objetivos a lograr en cada paso, así como acciones a seguir y herramientas de apoyo para dichas acciones. El modelo inicia con una etapa de aprendizaje de la biomimética y finaliza con un testeo de la innovación o innovaciones inspiradas en la naturaleza.
- Implementación y control del modelo: una vez creado el modelo se prosiguió a la implementación del mismo en las empresas, para esto se les comunicó el cómo y dónde hacerlo dentro de su estructura de procesos. Sumado a esto se mantuvo una constante comunicación con los participantes para brindar soporte en caso de problemas o dudas respecto al modelo para solucionarlas a la brevedad.
- Retroalimentación: en base a los datos de los pasos anteriores se establecieron los nuevos ajustes al proceso, nuevas decisiones, nuevos diagnósticos, se informaron los resultados obtenidos respondiendo las preguntas de investigación e hipótesis y se entregó una conclusión final.

#### 4.3. Diseño alternativo

Se estableció este nuevo apartado dentro de la metodología con el fin de plantear un diseño que funcione como un plan auxiliar a seguir en caso que el anterior no se logre efectuar, esto puede ocurrir principalmente cuando no exista participación de las empresas de la región al momento de intentar aplicar el modelo.

El diseño alternativo se basaría en una teoría fundamentada de diseño sistemático que busque entregar una explicación general sobre que las problemáticas de la industria de la construcción en la región de Atacama, y como un modelo biomimético ayudaría a estas problemáticas, sin establecer una aplicación real, sino más bien una teoría al respecto.

Para este tipo de diseño es necesario establecer categorías para los datos que se vayan recolectando. El primer paso al momento de categorizar es establecer una categoría central o de eje, según la que se considere con mayor importancia en base a las siguientes consideraciones:

1. Debe ser el centro del proceso, el que tenga mayor implicación para generar la teoría final, el que contribuye en mayor medida a la variación de los datos.
2. Todas o la mayoría de las categorías deben vincularse con esta.
3. Debe aparecer con frecuencia en los datos.
4. Su saturación de datos es regularmente más rápida, es decir, no se puede obtener más información relevante de la recolección de datos.
5. Su relación con el resto de las categorías debe ser lógica y consistente, no debe forzarse.
6. Mientras se refina esta categoría, la teoría posee mayor poder explicativo y profundidad.
7. Cuando las condiciones varían, la explicación esencial se mantiene.

Luego se establecen el resto de las categorías, las cuales se van segmentando según su función dentro de la teoría final.

- Condiciones causales: son las categorías que influyen o afectan la categoría central
- Condiciones contextuales: categorías que forman parte del ambiente y que enmarcan a la categoría de eje, pueden influir en cualquier categoría.
- Acciones e interacciones: categorías que resultan de la categoría de eje y las condiciones contextuales e intervinientes, así como de las estrategias
- Consecuencias: categorías resultantes de las acciones e interacciones, y del empleo de estrategias.
- Condiciones intervinientes: categorías que influyen a otras y que mediatizan la relación entre las condiciones causales, las estrategias, la categoría central, las acciones e interacciones y las consecuencias.

Toda esta segmentación se relaciona según el siguiente esquema.

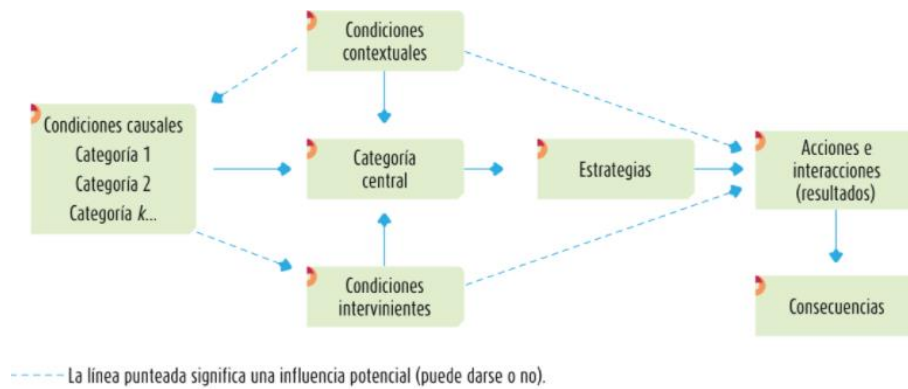


Figura IV-I: Esquema de segmentación de categorías

(Hernández et al., 2014)

Finalmente, luego de comparar los segmentos y categorías, se establecen las hipótesis o proposiciones pertinentes, y se procede a escribir una narración en donde se explique el vínculo entre las categorías y se describa el proceso o fenómeno. Esta narración será acompañada de un mapa esquemático que demuestre los vínculos entre categorías para un mejor entendimiento.

Este diseño alternativo se estableció como una propuesta de trabajo en caso de que no fuera posible conseguir la participación de las empresas de la región, al lograrse esta participación para el desarrollo del modelo este diseño solo se planteó, mas no se ejecutó.

#### 4.4. Muestreo

Se utilizó una muestra de expertos del área de la construcción, Ingenieros civiles, Ingenieros en construcción, Arquitectos, Ingenieros industriales que se desempeñaban en la industria de la construcción, en síntesis, cualquier profesional con conocimientos en la industria de la construcción y que tuviesen injerencia en la toma de decisiones en los procesos o productos de las empresas. Se procuró considerar un grupo de recolección de datos lo suficientemente heterogéneo en relación a las empresas que decidieron participar en la investigación, esto para tener un enriquecimiento en la dinámica al intercambiar perspectivas y experiencias de distintas procedencias, se limitó a un máximo de 1 profesional por empresa, con el propósito de formar una comunicación para la recolección de datos y el desarrollo del proceso, el equipo en total se estableció con un máximo de 5-7 participantes considerando la capacidad operativa disponible para la investigación, es decir tiempo y recursos, así como el conocimiento que se tiene en el tema, finalmente se

trabajó con 2 empresas, cada una con 1 participante formal que se desempeñaba en la industria y participó activamente en el proceso, también existieron participantes informales a los que les fue comunicada la temática y se obtuvo retroalimentación y comentarios de la misma, mas no se les desarrolló una entrevista propia al formar parte de la misma empresa. Cabe destacar que la muestra no buscaba ser representativa de una población, sino más bien brindar datos en profundidad acerca de; las empresas, los profesionales, los eventos que afectan a las mismas, sus procesos, etc., de modo de ayudar a comprender el contexto de la investigación, poder responder a las preguntas de investigación y contrastar hipótesis.

#### 4.5. Recolección de datos

Al tratarse de una investigación de carácter cualitativo la recolección de datos se centró en, obtener datos para ser transformados en información, interesaba conocer los datos de los expertos que formaron parte del estudio, los procesos, tareas y acciones de sus empresas en profundidad, no se buscaba medir estas variables para realizar inferencias o análisis estadísticos, sino más bien analizarlos y comprenderlos, para responder las preguntas de investigación de manera subjetiva.

Dentro de las herramientas utilizadas para recolectar datos estuvo la observación propia del investigador, es decir adentrarse de manera profunda en el ambiente de las empresas y los expertos, mantener una reflexión constante acerca de; detalles, sucesos, eventos e interacciones que se vayan desarrollando. Con la observación se buscaba principalmente explorar y describir el ambiente y las organizaciones, comprender los procesos, las personas y sus situaciones con el objetivo de poder identificar problemáticas. La unidad principal observada eran las acciones de los expertos que formaron parte del estudio, ¿Qué hacían? ¿Como lo hacían? ¿Cuándo y Dónde? Y ¿Con que propósito? Son las preguntas principales que se esperaba responder en base a la observación, para establecer el entorno en donde el modelo se incorporaría, así como los agentes que lo implementarían. El papel del observador, en este caso el propio investigador, fue a través de una participación activa, en donde participa en la mayoría de las actividades; sin embargo, no se mezcló completamente con los expertos, siguió manteniendo su papel de observador, de modo de mantener un balance entre lo que influía el observador y lo que analizaba. Dada la

situación sanitaria que se vive actualmente en la región por la pandemia por Covid-19, la observación se realizó principalmente en las entrevistas respetando las normas sanitarias, el contacto con el espacio de las empresas y la distancia con los participantes.

Las entrevistas fueron otra de las herramientas utilizar para la recolección de datos, dado que las problemáticas a resolver van ligadas a procesos o productos que requieren un grado de estudio, experiencia y dominio del tema de la industria de la construcción, era necesario que los expertos fueran quienes entregaran la información para establecer la o las problemáticas a resolver, esto a través de entrevistas programadas con los expertos representantes de las empresas, las entrevistas se realizaron de manera separa por cada empresa, esto con el fin de mantener la confidencialidad de las mismas con respecto a cómo realizan sus procesos, sus productos, sus políticas, problemáticas, etc. y que los mismos expertos sepan que la información que entreguen no será escuchada por otras empresas permitiendo así una mayor libertad.

Las entrevistas fueron semiestructuradas con una serie de preguntas y temáticas como guía para obtener la información requerida, teniendo así la libertad de incorporar preguntas a medida que se desarrollaba la misma para precisar conceptos y obtener mayor y mejor información. Las preguntas realizadas en la 1ra entrevista se establecen en la siguiente tabla de recolección de datos.

Dato a conseguir	Necesidad del dato	Preguntas
Información acerca del experto	Conocer a los participantes de la investigación, sus labores, sus cargos, su papel en los procesos y su experiencia en la empresa, esto con el fin de desarrollar un modelo que sean capaces de implementar de acuerdo a su cargo dentro de la empresa.	¿Qué funciones cumple dentro de la organización?
		¿Cuál es su injerencia en la toma de decisiones referida a los procesos?
		¿Cuáles fueron los últimos 2 proyectos en los que trabajó en esta empresa?
Biomimética y el experto	Es importante conocer que tanto saben las empresas acerca del concepto que se espera implementar a través de un modelo, la biomimética, que opinión tienen al respecto, les resulta interesante o no, les resulta poco creíble o no, es accesible incorporarlo o no.	¿Cuánto sabe del concepto de Biomimética, Biomimesis o Biomimica?
		¿Cree usted que el concepto pueda ser llevado a la industria de la construcción de Atacama?
		¿Cómo cree usted que el concepto puede ser llevado a la industria de la construcción de Atacama?
Los procesos en la actualidad y el experto	Conocer como el desarrollo de los procesos productivos por parte del experto están vinculados con el desarrollo productivo del sector de la construcción en Atacama, principalmente en términos de productividad, sostenibilidad y tecnologías.	¿Cómo han adaptado sus procesos a las necesidades actuales de la Región de Atacama?
		¿Cómo sus procesos se vinculan con la construcción sostenible?
		¿Cuán importante es el desarrollo de innovaciones y nuevas tecnologías en sus procesos?
		¿Cómo el sector o su empresa incorpora estas nuevas tecnologías en sus procesos productivos?
Problemáticas según el experto	Para establecer un modelo que busque solucionar problemáticas en los procesos es importante conocer que problemáticas observan los profesionales de la industria, ya sea con respecto a su empresa, personales, entorno, etc.	De acuerdo a sus últimos proyectos ¿Qué clase de problemáticas tuvo al momento de realizar los mismos vinculados con la biomimética?
		¿Qué problemáticas dentro de la Región de Atacama, afectan sus procesos productivos?
		¿Qué considera que debería mejorar de la industria de la construcción en relación con los procesos?
		¿Cómo enfrenta estas problemáticas?
Apoyo a la investigación	Para implementar el modelo es necesario que al experto en cuestión le resulte atractiva y accesible la idea.	¿Estaría dispuesto a participar de la investigación de un modelo biomimético para solucionar problemáticas en sus procesos?

Tabla IV-I: Tabla de recolección de datos primera entrevista

Elaboración propia

El proceso de la entrevista se basó en 5 pasos principales:

- **Planeación:** Contactar al participante, esto a través de una presentación, indicarle el propósito de la entrevista, asegurar confidencialidad, y establecer si la entrevista se realizaría de manera presencial o por videollamada, las entrevistas se pudieron realizar de manera presencial, ya que las medidas sanitarias y la disponibilidad de los participantes lo permitían, en caso de no haberse realizado de manera presencial se consideraba como alternativa utilizar el servicio de videotelefonía gratuito desarrollado por Google, Google Meet, entregando a quienes participaran las siguientes instrucciones sobre su funcionamiento:
  - Para crear una videollamada, iniciar sesión con tu cuenta de Google o regístrate para crear una gratis.
  - Invita otros usuarios a una reunión online. Envía un enlace o código de reunión a las personas que quieras que asistan.
  - Unirse a una reunión.

Las videollamadas estarían sujetas a grabación, siempre y cuando el participante estuviera de acuerdo, y estarían programadas según el horario disponible entre el participante y el entrevistador esperando que no tuviesen una duración mayor a 45 minutos. Esta alternativa no fue utilizada solo planteada.

- **Inicio:** Se pidió el consentimiento del entrevistado, se repitió el propósito de la entrevista, se pidió permiso al entrevistado para comenzar la grabación de audio de la entrevista para mantener registro y revisarla posteriormente y empezó la entrevista en sí.
- **Durante la entrevista:** Se desarrollaron las preguntas, se incorporaron nuevas a medida que se necesitaron, se observó y se comenzó con la recolección de datos
- **Al final:** Se preguntó las dudas al entrevistado, se agradeció su participación y se despidió cordialmente.
- **Luego de la entrevista:** Se realizó el primer análisis de los datos que se pudieron recabar de la entrevista.



En caso que no se lograra una entrevista con el participante, ni presencial, ni de videollamada, se estableció la opción del envío de un cuestionario electrónico, esto gracias a la herramienta Google forms, que permite la creación y distribución de cuestionarios, el formato del cuestionario se basaría en las mismas preguntas de la entrevista, las que se deberían responder de manera abierta. Esta sería compartida por un correo de contacto con el participante. Esto no fue utilizado, pero queda planteado como alternativa.

#### 4.6. Análisis e interpretación de resultados

Para esta investigación el análisis de los datos se realizó de manera constante desde que se obtuvieron los primeros datos hasta conseguir la suficiente información, es decir hasta cuando se alcanzó la saturación de los datos y ya no se encontraba información adicional valiosa, esto fue necesario para ser capaces de responder nuestras preguntas de investigación y contrastar las hipótesis.

El análisis de los resultados de la investigación tuvo 3 acciones que se realizaron en paralelo durante cada una de las etapas de inmersión (Datos obtenidos de primera inmersión, Datos de inmersiones profundas, Datos recolectados mediante técnicas), la primera de estas acciones se basó en la recolección de datos.

##### 4.6.1. Primera inmersión

Durante la primera etapa de inmersión, se realizó la acción de recolectar datos mediante observaciones al ambiente de la industria de la construcción de Atacama, su entorno, sus agentes, sus procesos y productos, se establecieron conversaciones informales con personas que comprendían o pertenecían al ambiente, como profesores de ingenierías, investigadores, las mismas empresas que luego actuaron como participantes y sus profesionales. Estos datos se documentaron en la bitácora de campo, documento de anotaciones iniciales de lugares, personas, eventos, etc., esto a través de todas las herramientas que necesarias para un mejor entendimiento, mapas, diagramas, cuadros, esquemas, etc. Además, en la bitácora de campo se llevó el desarrollo de la investigación, para comprender cómo se desarrollaba, que faltaba y que se debía hacer para comenzar a responder al problema de la investigación. A la vez que se recolectaron datos, se realizaron las tareas analíticas que en esta instancia se basaban principalmente en reflexiones iniciales. Al mismo tiempo se estudiaban los resultados de las reflexiones que de acuerdo

a consideraciones propias ayudaban a entender el fenómeno a estudiar y establecer el planteamiento adecuado.

#### 4.6.2. Inmersión profunda

Luego de la inmersión inicial, se fue ahondando más en la recolección de datos, mientras que las observaciones se volvían más enfocadas, las pláticas se fueron centrando en los análisis del paso anterior y las reflexiones, que seguían realizándose constantemente, siendo cada vez más centradas en entender los significados, similitudes y diferencias de los datos recolectados para establecer relaciones entre los datos y nuevas hipótesis, si era necesario.

#### 4.6.3. Análisis detallado

Una vez obtenido los datos iniciales, se establecieron las principales reflexiones y el análisis inicial, se comenzó a trabajar con los participantes y a recolectar los datos mediante las técnicas ya mencionadas, observación, entrevistas y encuestas, estos datos se organizaron en distintas categorías como; documentos, grabaciones, observaciones, notas, etc. Además, los datos necesitaban ser preparados antes de comenzar el análisis, asegurarse de que las grabaciones estuviesen depuradas y transcritas a texto en caso de requerirse, los documentos, notas y observaciones fueran legibles y entendibles.

Esta documentación se llevó en la bitácora de análisis, en donde se describieron las actividades realizadas, el proceso, las ideas, conceptos, significados, categorías e hipótesis que fueron surgiendo.

Con el fin de tener un mejor entendimiento de los datos se realizó una codificación de los mismos, es decir se seleccionaron segmentos de contenido, como palabras clave o frases, se analizaron, se compararon y si eran distintos se estableció una categoría para cada uno y si eran similares se estableció una categoría en común, este proceso se repitió con todos los datos recolectados, para establecer la codificación se utilizó un proceso de libre flujo, es decir, las unidades no necesariamente tenían un tamaño similar en su estructura, por ejemplo un segmento podía ser una línea y otro un párrafo y aun así agruparlos en la misma categoría. Se buscó categorizar los datos con el fin de poder encontrar patrones, similitudes, diferencias o relaciones entre los mismos y así tener una mejor interpretación

de ellos. La categorización se realizó en base a los temas establecidos en las entrevistas, y se categorizaron a través de los siguientes criterios:

- Los más comunes: Es decir los datos que se repitieron con frecuencia en las respuestas entregadas por los participantes.
- Los más relevantes: Aquellos datos que más relacionados estaban con el planteamiento inicial, con las preguntas de investigación o con las hipótesis.
- Agrupables: Los datos que eran similares a otros y se pudiera establecer una categoría entre los mismos sin necesidad de generar una propia.

Con respecto a la primera entrevista, una tabla representativa de la categorización sería la siguiente, cabe destacar que este tipo de tablas podía ser modificada a medida que avanzaba la investigación.

Temas de la entrevista	Datos		
	Los más comunes	Los más relevantes	Agrupables
Información acerca del experto			
Problemáticas según el experto			
Conocer los procesos			
Biomimética y el experto			
Apoyo a la investigación			

*Tabla IV-II: Categorización de datos*

*Elaboración propia*

A medida que se obtenían grupos de datos, se establecían relaciones entre los mismos, vinculadas con la investigación, se comenzaron a generar las hipótesis, explicaciones, respuestas a las preguntas de investigación o teorías al respecto. Es importante considerar que la base de la investigación era desarrollar un modelo que ayudase a resolver problemáticas en los procesos de las empresas, por lo que al final del trabajo se explicaba la problemática a resolver, cuál fue la manera en que el modelo ayudó a resolver la problemática, que resultados logró el modelo al implementarse y si resolvió o no la problemática inicial.

## Capítulo V. Análisis e Interpretación de Resultados.

### 5.1. Análisis de la industria de la construcción en la Región de Atacama.

El primer paso en el desarrollo de esta investigación es analizar a través de una primera inmersión la industria, esto nos ayuda a entender el contexto sobre el cual se aplica el modelo biomimético, las características, limitantes y la visión que tiene la industria. Este análisis se realizó a través de una entrevista presencial realizada en 3 organizaciones de la Región de Atacama, la Cámara Chilena de la Construcción a través de su gerente Guillermo Reyes, a la empresa de ingeniería, arquitectura y construcción Atacamax a través del Ingeniero Civil Industrial, Alberto Barrionuevo, y a la empresa de gestión de iniciativas inmobiliarias y consultora en planificación territorial, urbanista y arquitectónica Urbnet a través de su director vicepresidente, socio y arquitecto Marcelo Molina.

Las entrevistas fueron de carácter semiestructurada y se consiguieron datos que finalmente fueron agrupados en las siguientes categorías; Información acerca del experto, Biomimética y el experto, Los procesos en la actualidad y el experto, Problemáticas según el experto y Apoyo a la investigación. En base a esto se obtuvo la siguiente información de cada categoría:

Información acerca del experto: Los expertos señalan tener un grado de injerencia en la toma de decisiones dentro de su organización, señalan haber trabajado en la región de Atacama en los últimos años y los proyectos emblemáticos de cada empresa están ubicados en la región, los expertos presentan interés por las innovaciones e intentan aplicarlas en sus proyectos un desafío profesional.

Biomimética y el experto: Los expertos no han escuchado el concepto de biomimética, biomimesis, *Biomimicry* o similares, señalan que el concepto puede ser llevado a la industria de la región de Atacama y que en un mediano-largo plazo con el soporte de organismos gubernamentales podría ser una alternativa para temas relacionados al cambio climático, resiliencia, tecnología e innovación, finalmente señalan que un modelo es una herramienta adecuada para la implementación de este concepto, siempre y cuando sea

simple de entender, que pueda actuar rápidamente a través de nuevas tecnologías e industrialización y que se adapte a los eventos futuros.

Los procesos en la actualidad y el experto: Los expertos señalan que sus proyectos se adaptan a las necesidades de la industria regional a través de innovaciones, siempre y cuando tengan los recursos para ello, señalan que la sostenibilidad en sus proyectos en algo que aún debe desarrollarse, esto debido a una visión de corto plazo en la que prima mucho más la rentabilidad por sobre el desarrollo sostenible, señalan que el desarrollo de innovaciones y nuevas tecnologías es de suma importancia para sus empresas, pero que el mismo desarrollo se ve limitado por la poca industrialización y las bajas competencias de mano de obra, lo que representa un desafío muy grande para sus procesos productivos.

Problemáticas según el experto: Los expertos señalan que hay un bajo tiempo de respuesta por parte de organismos gubernamentales debido a la fuerte centralización de la industria, también presentan problemas en relacionados con el medio donde se realizará el proyecto de construcción, mecánicas de suelo, temperaturas y normas ambientales principalmente, junto a esto las competencias de mano de obra y poca industrialización ya mencionadas resumirían las principales problemáticas de la industria en la región, señalan que intentan adaptarse a estas problemáticas y que en general no existe una conducta o visión que impulse combatir estas limitantes.

Apoyo a la investigación: Los entrevistados demostraron interés en la propuesta de investigación y aceptaron participar en la misma para futuras entrevistas o conversaciones.

En base a esta información se puede obtener un análisis de la industria de la construcción de Atacama de la vista de estas 3 organizaciones, en síntesis, la industria no maneja el concepto base de esta investigación, los agentes de la industria no poseen una visión para solventar problemáticas a futuro, sino más bien existe una visión a corto plazo, en la región existe poca industrialización, bajas competencias en la mano de obra y problemáticas relacionadas al medio de cada proyecto de construcción, finalmente la industria busca las innovaciones para sus proyectos pero llevarlas a cabo presenta un desafío que afecta el progreso de la industria.

## 5.2. Desarrollo del modelo biomimético a aplicar.

Antes de comenzar el desarrollo del modelo como tal, es necesario estudiar la posibilidad de que exista un modelo que sea apropiado para establecer como base, esto considerando las características que se busca de este modelo biomimético. La esencia del modelo biomimético es entregar innovaciones inspiradas en la naturaleza, principalmente buscando solucionar problemáticas teniendo en consideración las características del entorno, por lo que un modelo de base que cumple estas características es el modelo denominado Design Thinking.

Podemos definir el modelo Design Thinking como aquel que busca entender al usuario o al cliente, supone desafíos y redefine problemas con el objetivo de hallar una estrategia o solución que permita empatizar con las necesidades del cliente y encontrar soluciones a las problemáticas, soluciones que a simple vista o que con el nivel de entendimiento que se posee no eran aparentes. Este modelo posee variantes del mismo que esencialmente trabajan sobre los mismos principios, para esta investigación se toma en consideración el modelo propuesto por Hasso-Plattner en el Instituto de Diseño de Stanford, el cual propone un modelo de 5 etapas;

1. Empatizar: Entender las necesidades del usuario.
2. Definir: Establecer los problemas del usuario.
3. Idear: Crear ideas para soluciones innovadoras.
4. Prototipar: Comenzar a elaborar estas soluciones.
5. Testear: Aplicar las soluciones, compararlas con las necesidades del usuario y obtener retroalimentación.

En base a este modelo de Design Thinking de 5 etapas es que se elaboró y aplicó una variante de este modelo para la industria de la construcción de la región de Atacama que incorpora a la naturaleza a través de la ciencia biomimética y que a diferencia del modelo de Design Thinking que busca entender y empatizar con las necesidades del usuario para soluciones innovadoras, este modelo busca entender y empatizar con el entorno natural donde se desarrollara un proyecto de construcción con el fin de buscar soluciones innovadoras resilientes y sostenibles que favorezcan el proyecto y el entorno natural que

rodea al proyecto. Este nuevo modelo se denominó Bio Design Thinking, por ser una variante que incorpora a la vida y la naturaleza, que va desde el entendimiento de esta ciencia, el vínculo con la naturaleza a través de como la biomimética entiende la naturaleza, el definir el enfoque del proyecto de construcción con el medio natural, la ideación de innovaciones, sus pruebas y finalmente su evaluación o testeo. Este modelo se desarrolló considerando el análisis de la industria realizado y los conceptos del Design Thinking. Para comprender mejor cada una de las etapas se detallarán una a una, mientras se explica cómo se aplicaron las mismas. Este modelo fue llevado a las empresas Atacamax y Urbnet para su aplicación, desarrollo y retroalimentación.

### 5.2.1. Aprender

Es la primera etapa del modelo de Bio Design Thinking, esta etapa nace de la necesidad de enseñar a las empresas de la construcción de la región el concepto de biomimética y sus posibles aplicaciones a la industria. Esta etapa es la más importante de todo el modelo, esto ya que al trabajar con una nueva ciencia y aplicarla en un entorno donde no se conoce, es necesario que se aprenda de manera correcta lo que es el concepto, un mal entendimiento del concepto llevaría a que al momento de aplicar las etapas siguientes se trabaje con una mala base y no se logre el resultado esperado. Al ser esta etapa la más importante del modelo se incorporó a más agentes para su desarrollo, tanto docentes relacionados con el área de las ciencias naturales, así como estudiantes del área de la construcción civil, a los cuales se les enseñó el concepto y se les aplicó una encuesta para retroalimentar esta etapa ([Anexo N°1](#)).

#### *Objetivo*

Esta etapa tiene como objetivo que los profesionales de la construcción entiendan el concepto de biomimética, lo que propone esta ciencia en materia de innovación y visión, para que finalmente se logre una reflexión de cómo esta ciencia encajaría en la industria de la construcción y en sus procesos de diseño.

#### *Acciones*

Para lograr aquel objetivo se debe enseñar la biomimética de manera clara y entendible para los expertos, considerando que estos no necesariamente manejan conceptos del área de las ciencias naturales, una forma de enseñar este concepto es a través de ejemplos de

aplicaciones de esta ciencia en la industria de la construcción, esto se corroboró en base a la encuesta aplicada que determinó a los ejemplos como la herramienta que más facilitó el proceso de aprendizaje por sobre los discursos o estudios de biomimética ([Anexo N°1](#)). Finalmente, para completar esta etapa se deben resolver todas las dudas que surjan acerca del concepto e invitar a los participantes de reflexionar del mismo.

### *Herramientas*

Ya que los ejemplos son la manera adecuada de enseñar el concepto, todo el material gráfico ayudará a que se puedan incorporar los ejemplos de manera natural mientras se explica la biomimética, acompañar este material de casos concretos de biomimética en construcción invitará a la reflexión de los participantes sobre sus propios procesos de diseño. Finalmente, todo esto debe ser presentado de una manera clara y entendible por lo que una herramienta a utilizar puede ser los Moodboards, que buscan a través de imágenes y texto guiar al participante en entender el concepto y mostrar los ejemplos.

### *Como se llevó a cabo*

Lo primero que se hizo en esta etapa fue comprender cómo los profesionales del área de las ciencias naturales entienden este concepto de biomimética y cómo es que en su área se aprende de la naturaleza para el desarrollo de sus investigaciones, para esto se tuvo contacto con 2 docentes del Departamento de Química y Biología de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad de Atacama, este contacto se tuvo a través de una reunión por videollamada donde se mantuvo una conversación en base a este tema, según el contacto se aprendió que el área de las ciencias naturales se ve interesada en esta ciencia para innovaciones, que un factor clave para aprender de la naturaleza es la observación de la misma y que los estudios que ya existen del área de las ciencias naturales son fundamentales para etapas posteriores del modelo que buscan entender como la naturaleza se desarrolla.

Paralelamente se llevó a cabo un programa con estudiantes del Departamento de Construcción de la Facultad Tecnológica de la Universidad de Atacama, el programa se basa en el desarrollo de un proyecto que tenga como base una innovación biomimética. Esto se llevó a cabo con la finalidad de entender como los futuros profesionales de la industria de la construcción visualizan este concepto, como entienden de mejor manera el



mismo y cuáles son los puntos más complejos de enseñar. Además, se mantuvo la posibilidad de que las ideas desarrolladas por los alumnos, en caso de que tenga concordancia, sean llevadas a las empresas que aplicaron este modelo, entregando así soluciones biomiméticas desarrolladas por los propios alumnos del departamento de construcción. Finalmente, cuando el programa llegó a sus etapas finales, se les aplicó una encuesta voluntaria sobre el concepto de la biomimética, y como el mismo se desarrolló en este proceso de aprendizaje, de esta entrevista se obtuvieron resultados que indican que si se entendió el concepto, que los ejemplos son la herramienta principal para entender la biomimética, que lo más complejo es la aplicación de esta ciencia y reflexiones finales de los alumnos que ven un gran potencial en la biomimética para innovaciones dentro de su área y que desarrollaron una nueva visión de la naturaleza como recursos e inspiración.

Estas intervenciones con los nuevos agentes incorporados ayudaron a elaborar un material gráfico acorde a las necesidades de esta etapa, se mostraron ejemplos de biomimética, se explicó el concepto a través de un ejemplo claro y se les enseñó a los expertos como observar correctamente para aprender de la naturaleza. Este material gráfico fue entregado de manera presencial a las empresas de Atacamax y Urbnet ([Anexo N°2](#)), en donde además de entregar el material se mantuvo una conversación con los participantes orientada a esta temática, como la percibían, sus dudas, sus reflexiones e ideas que ayudaron a retroalimentar esta etapa de aprendizaje e invitaron a seguir el desarrollo y aplicación del modelo. Una vez que se logró el objetivo de esta etapa, durante la misma reunión, se continuó con la siguiente.

### 5.2.2. Vincular

Es la segunda etapa del modelo, se basa principalmente en que los expertos comprendan el impacto de sus proyectos con el entorno y como el entorno impacta sus proyectos, esta etapa se desarrolló emparejada con la etapa anterior en una sola reunión, en manera de aprovechar las reuniones y el tiempo de los participantes de manera eficiente.

#### *Objetivo*

Esta etapa tiene como objetivo que los expertos realicen una conexión entre sus proyectos de construcción y el entorno natural que guarde relación con estos proyectos, se busca generar esta conexión para desarrollar una nueva visión en los profesionales de la

industria, una visión que encuentre nuevas fuentes de inspiración para el desarrollo de innovaciones resilientes y sostenibles en sus proyectos.

#### *Acciones*

La acción principal es explicar el impacto que tienen los proyectos de construcción con los entornos naturales, así como los entornos naturales impactan en los proyectos de construcción, estos impactos pueden ser tanto positivos como negativos y se busca entregar una visión ampliada de los proyectos de construcción incorporando al mismo el medio natural. En esta etapa se debe hacer revisión de material científico y aprender que estrategias lleva el entorno natural que puedan ser llevadas en una innovación.

#### *Herramientas*

La herramienta principal en esta etapa es la observación de la naturaleza por parte de los profesionales, observación que se espera que sea llevada en la observación del terreno para el proyecto de construcción, aunque esta observación puede ser llevada también a su ámbito personal en el desarrollo de sus propias actividades de recreación o hobbies, siempre y cuando guarde relación cercana con el contexto del proyecto o pueda ser aplicable la observación. Esta observación es registrada en una herramienta de tipo checklist denominada Checklist del Entorno Natural, el cual busca guardar registro de las observaciones que tuviesen los expertos a través de categorías de recursos naturales, organismos observables y el objetivo del proyecto, este checklist se complementó con lo conversado con los profesionales del área de las ciencias naturales los cuales indicaron que en primera instancia observar la naturaleza es un proceso complejo, pero que una buena práctica es hacerlo de manera centrada en algo particular y luego avanzar a la siguiente observación, otra práctica que facilita este proceso es trabajar de manera general a lo particular para entender el ecosistema en su conjunto. Finalmente, lo observado y registrado debe ser visto por estudios del área de las ciencias naturales para comprender como funciona lo que se observó, y así poder rescatar estrategias e innovaciones que se puedan aplicar al proyecto de construcción.

#### *Como se llevó a cabo*

Dicho anteriormente esta etapa se desarrolló en conjunto a la primera, luego de explicarles el concepto y resolver sus dudas se les invitó a que se enfoquen en un proyecto nuevo o

que este en desarrollo, dado el tiempo de desarrollo de este trabajo de investigación, la posibilidad de que una salida a terreno por parte de ellos cuadrara con esta investigación era muy reducida, por lo que se optó que en base a lo que observasen o les llamase la atención en el pasado fuera llevado al Checklist del Entorno Natural.

## Checklist del Entorno Natural

<p><input type="checkbox"/> <b>Terreno (Geografía y características biológicas del suelo)</b></p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <hr/> <p><input type="checkbox"/> <b>Sol (Luz solar, Sombra, Trayectoria o Radiación solar)</b></p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <hr/> <p><input type="checkbox"/> <b>Clima (Temperatura, Humedad del aire, lluvia, vientos...)</b></p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <hr/> <p><b>Resumen de Recursos naturales</b></p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <hr/> <p><input type="checkbox"/> <b>Flora (Vegetación de la zona, características y posición)</b></p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>	<p>_____</p> <p>_____</p> <hr/> <p><input type="checkbox"/> <b>Fauna (Animales que habitan o se encuentran en la zona, sus hábitats y características)</b></p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <hr/> <p><b>Resumen Organismos observables</b></p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <hr/> <p><b>Objetivo del proyecto</b></p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <hr/> <p><i>"En todas las cosas de la naturaleza hay algo maravilloso" -Aristóteles</i></p> <p><i>"La naturaleza no hace nada incompleto ni nada en vano" -Aristóteles</i></p> <p><i>"Mira profundamente en la naturaleza y comprenderás todo mejor" -Albert Einstein</i></p> <p><b>Observar no implica tocar, protege la naturaleza, protege tu persona.</b></p>
---	---

Figura V-I: Checklist del entorno natural

Elaboración Propia

Tanto a Atacamax como a Urbnet les fue entregado el material y se les explicó el desarrollo del mismo, aun así solo Atacamax entregó el checklist completo, en el cual se observó un ecosistema natural de gran interés y con gran potencial de innovación el cual fueron los bofedales, por lo que las siguientes etapas se desarrollan en base a estos bofedales, los cuales son humedales en altura principalmente andinos, que en base a estudios se descubrió que presentan la característica de ser ecosistemas naturales depuradores de agua.

### 5.2.3. Definir

Es la tercera etapa del modelo biomimético y tiene una tarea muy simple pero necesaria, considerando que el análisis a la industria demostró que no existe una visión que favorezca la implementación de este modelo, esta etapa busca clarificar lo que se buscará con la innovación y como se espera lograr aquello, es la primera etapa donde se espera llevar la biomimética a términos más realistas de implementar.

#### *Objetivo*

En base a lo aprendido en la etapa anterior se establece qué va a buscar el proyecto de construcción relacionado con la naturaleza, para lo que se espera el uso de palabras claves como; Evitar, Apoyar, Aprovechar, Entregar, Mantener, Trasladar, Modificar, entre otras, que determinen de manera clara lo que el proyecto realizará con la naturaleza. Cabe destacar que ninguna palabra clave es mejor que otra en relación con el medio ambiente, cada una se relaciona de manera distinta con la naturaleza y lo importante es clarificar lo que se hará, por lo que se espera que, de manera realista se trabaje con 1 o máximo 2 de estas palabras claves.

#### *Acciones*

La acción principal en esta etapa es que los expertos mantengan la claridad en cómo su proyecto va a afectar el entorno natural, esto determinando los límites tanto del proyecto de construcción, así como los límites del entorno natural, también el identificar las necesidades del proyecto y las necesidades del entorno natural.

#### *Herramientas*

La herramienta principal para esta etapa es el “*How might we?*” (HMW) o el ¿Cómo podríamos...?, se espera que a esta interrogante se le agregue la palabra o palabras claves

determinadas en esta etapa, esto ayuda a identificar y re-frasear los problemas o limitantes sobre cómo el proyecto afecta el entorno natural.

#### *Como se llevó a cabo*

Al trabajarse con un proyecto ya desarrollado por parte de la empresa Urbnet, que tiene la característica de ser un proyecto turístico y con potencial astronómico, la relación con la naturaleza quedó establecida en su estudio de prefactibilidad, en el cual se determina que su objetivo es evitar que se dañe el atractivo turístico de la zona, y mantener el potencial astronómico que entrega el sector. Con esto definido se pudieron establecer las preguntas para la siguiente etapa de idear.



*Figura V-II: Imágenes del proyecto centro turístico laguna verde.*

*(Urbnet, n.d)*



*Figura V-III: Imágenes del entorno natural de laguna verde, fotografía Isadora Cavieres*

*(Urbnet, n.d)*

#### 5.2.4. Idear

Es la cuarta etapa del modelo y se trabaja emparejada con la etapa anterior de la misma manera que se trabajaron las etapas 1 y 2, es aquí donde comienza el desarrollo creativo e innovador, comienza la recolección de ideas que puedan aplicarse al proyecto de construcción, esto teniendo en cuenta lo establecido en el paso anterior, en esta etapa se busca solución a las preguntas establecidas en el paso anterior del modelo.

### *Objetivo*

El objetivo de esta etapa es recolectar una cantidad aceptable de ideas para incorporar como innovación en el proyecto de construcción, estas ideas pueden ser de modificaciones al producto, al modelo de desarrollo, al sistema, al diseño del proyecto o en cualquier apartado donde tenga cabida una innovación. Se espera conseguir ideas iniciales, es decir, ideas que puedan llegar a ser implementadas al proyecto a simple vista, el análisis más detallado de estas ideas se llevara en pasos siguientes, lo importante de esta etapa es conseguir ideas para luego trabajarlas más en detalle.

### *Acciones*

Lo que se debe hacer en esta etapa es llevar el registro de las ideas que surjan, fomentar el proceso creativo y vincularlo con el objetivo del proyecto, sus características, sus limitantes y sus necesidades. Es en esta etapa donde lo aprendido a través de la revisión de material científico se lleva a una innovación, las estrategias estudiadas deben prepararse con antelación para compartirlas con los expertos y dialogar al respecto para hallar ideas de innovación resilientes y sostenibles.

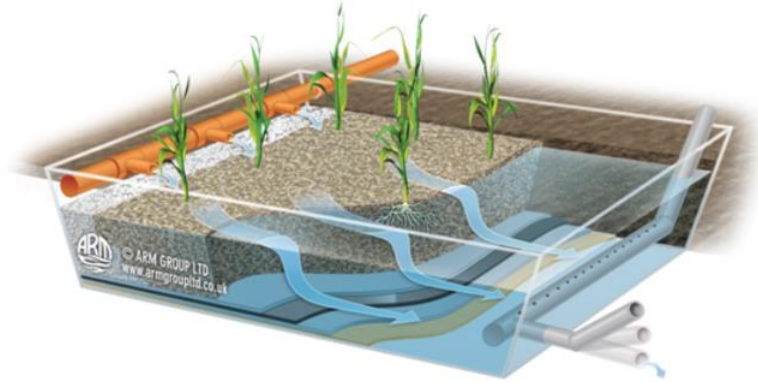
### *Herramientas*

Una herramienta fundamental son los estudios de innovaciones que ya existan y que puedan verse relacionadas con lo que se busca, para esto se recomienda el acceso al sitio web de [www.asknature.org](http://www.asknature.org), este sitio reúne información del área de las ciencias naturales y en él se pueden encontrar estrategias de organismos naturales o ecosistemas que podrían ser llevadas a una innovación, además, esta página web recopila innovaciones alrededor del mundo que han incorporado alguna estrategia biomimética, a pesar de que el sitio, la información y las innovaciones estén en idioma inglés es una herramienta muy útil y desarrollada específicamente para potencia la biomimética en áreas de innovación, este sitio web fue desarrollado por el Biomimicry Institute, líderes en lo que se refiere a biomimética alrededor del mundo. Si se habla de herramientas para obtener ideas, la más utilizada y recomendada es la lluvia de ideas, la cual es una herramienta de trabajo en grupo que potencia el generar ideas originales en una ambiente de desarrollo creativo y de cooperación, adicional a esta herramienta se puede aplicar el Draw Storming, que aunque menos utilizada, puede llevarse a la búsqueda de nuevas ideas considerando que se trabaja

con profesionales del área de la construcción como arquitectos o ingenieros civiles que tienen un desarrollo en áreas de dibujo, esta herramienta se basa en que a través de bosquejos, esquemas y dibujos se compartan las ideas con el grupo de trabajo, por último, se puede incorporar una herramienta para un trabajo más personal como puede ser el Brain Writing, en donde cada participante anota sus ideas personales y luego se comparten con el grupo, a diferencia de la lluvia de ideas en donde las ideas se comparten con el grupo de manera inmediata y se trabajan sobre ellas, esta herramienta busca potenciar la creatividad personal en un ambiente más calmado.

#### *Como se llevó a cabo*

Lo primero que se hizo, antes de tener una reunión con los profesionales de Urbnet, fue recopilar toda la información de innovaciones que se vieran relacionadas con el ecosistemas que se decidió trabajar, el cual son los bofedales del altiplano, en base a esto se consiguieron innovaciones ya existentes que utilizan la estrategias de bofedales como lo fueron BioHaven Floating Island, el cual es una innovación que utiliza la estrategia de los bofedales para filtrar contaminantes que se puedan encontrar en largas superficies de agua como estanques o lagos, esto posicionando una pequeña isla con plantas y microbios propios de bofedales sobre la superficie de agua, esta innovación se podría incorporar en el proyecto al este buscar evitar dañar el atractivo turístico de la zona de laguna verde, el cual puede verse contaminado por residuos de la construcción o de personas. Otra innovación que se relacionó con el proyecto de Urbnet fue Eco-Machines, el cual es un tipo de contenedor hecho a medida que en su interior imita al ecosistema que se genera en un bofedal para tratar las aguas residuales, este contenedor tiene la particularidad de poderse instalar en zonas soterradas con acceso a luz solar, lo cual se relaciona con el proyecto de Urbnet, el cual también está planificado que sea bajo tierra. Estas y otras ideas denominadas bofedales artificiales fueron estudiadas, preparadas y compartidas con el arquitecto de Urbnet en una reunión presencial, en esta reunión se vio de manera inicial la posibilidad de incorporarlo como sustituto o complemento a la planta de tratamiento de agua que propone el proyecto, esto con la finalidad de que sea una manera sostenible y acorde al medio natural de depurar las aguas residuales de la construcción.



*Figura V-IV: Funcionamiento de humedal artificial*

*(Ecolagunas, n.d)*



*Figura V-V: Humedales artificiales de Eco-machines y Bioheaven floating island*

*(Asknature, n.d)*

### 5.2.5. Pruebas o Prototipado

En esta etapa se filtran las ideas obtenidas en el paso anterior y se van recogiendo aquellas que se vean más viables de implementar o las cuales presenten más atractivo para el proyecto, lo ideal es que se determine 1 o un par de ideas para implementar, esta etapa debe trabajarse en una reunión separada y solo cuando todas las dudas que surjan del paso anterior sean resueltas, es decir si en el paso anterior es necesario obtener la información de cuánta agua depura una zona de bofedales artificiales, antes de pasar a esta etapa debe tenerse aquella información. Una vez determinada las ideas a trabajar se espera comenzar un prototipo de diseño para el proyecto, dado que realizar un prototipo de diseño para un proyecto de construcción es algo que requiere de estudios en el tema y de una carrera profesional esta etapa debe obtener una gran participación por parte de la empresa,



considerando sus recursos, su tiempo y como desarrollan sus propios procesos para encontrar innovaciones.

#### *Objetivo*

Esta etapa tiene como objetivo llevar a la realidad las ideas recolectadas para implementar una innovación biomimética en el proyecto de construcción.

#### *Acciones*

Para lograr el objetivo se deben limitar las ideas para innovación en no más de un par, esto con el fin de tener un mayor control sobre el proceso de diseño, llevar una mejor evaluación de la innovación y observar de mejor manera los resultados, esto considerando que es una nueva ciencia la que se está implementando y observar sus resultados en detalle entregara información relevante en el área científica. Una vez determinada las mejores ideas se comienza la etapa de prototipado, la cual va a depender de cómo la empresa y los profesionales trabajen sus propios prototipos. Por lo que se reitera que debe obtenerse una gran participación, interés y considerar sus tiempos y recursos.

#### *Herramientas*

Si bien cada empresa y profesional puede trabajar de manera única su proceso de prototipado en proyectos, se pueden recomendar utilizar herramientas graficas de diseño, en caso que la empresa tenga acceso a impresoras 3D puede ser una gran herramienta, los dibujos digitales son una herramienta muy utilizada para los proyectos de construcción actuales, y finalmente los bocetos, conceptos o líneas en papel puede ser de ayudar para un prototipado de manera tradicional.

#### *Como se llevó a cabo*

Esta etapa no logró ser implementada en la empresa Urbnet, si bien se notó interés en la temática, su tiempo con otros proyectos y el cómo trabaja la empresa, la cual se relaciona con servicios externos para sus anteproyectos, limitó la participación de la misma en esta etapa de aplicación del modelo. En esta etapa se esperaba obtener 1 prototipo de una innovación biomimética por parte de la empresa. Era un escenario esperado el que no se lograra llegar al prototipado, aunque se trabajó con optimismo para alcanzarlo, por lo que las preguntas de investigación planteadas en un inicio se enfocan en su totalidad a pasos

anteriores del modelo, más para obtener resultados económicos o técnicos sobre el modelo sería necesaria esta etapa y la siguiente, lo que hubiese llevado más tiempo y participación.

#### 5.2.6. Evaluar o Testear

Es la etapa final del modelo, sin contemplar la retroalimentación como una etapa propia, ya que la misma se realiza constantemente en la aplicación del modelo al ser un proceso iterativo. En esta etapa se espera que los prototipos finalmente se lleven a la realidad de la industria regional, estudiar si es posible implementar esta innovación y los resultados que tendría en términos tecnológicos y económicos principalmente. Esta etapa tomaría más tiempo que las anteriores, dado que las empresas necesitan información detallada de la industria, sus costos, su tecnología y posibles inversionistas para el proyecto, por lo que esta etapa vincula su desarrollo con la empresa, por lo que la intervención de quien aplica el modelo, en caso de no formar parte de la empresa, puede centrarse en el control o asesoría del proceso de evaluación

#### *Objetivo*

Se busca realizar una evaluación de la idea de innovación obtenida a través de todo el proceso, la idea se busca que utilice una estrategia del medio natural, aplicando así la biomimética, que sea resiliente y sostenible, considerando los desafíos de la industria y la región y que sea aplicable en relación a las competencias de la industria.

#### *Acciones*

Se debe evaluar económica y tecnológicamente si es posible la innovación, así como estudiar si existen las competencias necesarias para esta innovación.

#### *Herramientas*

Como herramientas para esta etapa está el desarrollo de un estudio de viabilidad técnica, el cual permite atender las características tecnológicas del proyecto, resolviendo así la pregunta de si es posible o no tecnológicamente implementar el proyecto. Otra herramienta es el desarrollo de un estudio de viabilidad económica, con especial énfasis en el estudio técnico del mismo, para comprender si es posible con los recursos de la empresa implementar esta innovación en su proyecto, así como si este entregara beneficios económicos en su implementación en el proyecto a diferencia de si no se implementara.

### *Como se llevó a cabo*

Al igual que la etapa anterior este paso no se logró implementar debido a que se requiere un prototipo para evaluar, desde el inicio de este trabajo quedó establecido que no se llegaría a esta etapa, ya que los proyectos de construcción tienen una limitante de tiempo, la cual se corrobora con las respuestas de la primera entrevista, que determinan el tiempo como una limitante importante en la industria de la región debido a la gran centralización que existe. Considerando que el desarrollo como ingeniero comercial involucra evaluaciones de proyectos, se podría tomar parte de esta etapa a través de una asesoría a la empresa o llevando un control del proceso para obtener resultados objetivos, aun así, por motivos de tiempo y recursos, no se esperaba llegar a esta.

### *Como se vincula el modelo y la investigación con la carrera de Ingeniería Comercial*

La investigación y el modelo biomimético tienen como finalidad estudiar la posibilidad de implementar investigaciones del área de las ciencias naturales para innovaciones en proyectos de la industria de la construcción, a esta implementación en distintas áreas científicas dentro de una innovación se le denominó sinergia multidisciplinaria y se define como “La unión de diversas disciplinas mediante la interacción y cooperación, con el fin de obtener mayores resultados para cada una de sus áreas de estudio, que si lo hicieran por su cuenta”. Un ingeniero comercial debe ser capaz de implementar la multidisciplinaria en su desarrollo profesional, la versatilidad de un ingeniero comercial para trabajar en distintos tipos de organizaciones y distintos tipos de industrias demuestra que es necesario el entendimiento de distintas visiones de profesionales, las cuales van a depender de su área de estudio y desarrollo profesional.

No es primera vez que se unen áreas de estudio distintas para incorporarlas a una industria y obtener mejores resultados, es común relacionar el área de la psicología como estudios de neurociencia o comportamiento humano para implementarlos en industrias comerciales a través de, por ejemplo, la neuroeconomía, que busca explicar el comportamiento del cerebro humano en la toma de decisiones de carácter económico, o mejoras en el desarrollo de la gestión de personas a través de estudios de conductas emocionales en áreas de trabajo. Esta investigación busca ser un ejemplo de que es posible implementar otras áreas de investigación, que en un inicio no parecen lógicas, a las industrias y así

obtener mejores resultados tanto para las áreas de estudio científico como para las empresas involucradas, logrando un progreso como sociedad en conjunto y cooperación.

### 5.3. Resultados

A continuación, se contrastarán los resultados obtenidos en relación con las preguntas de investigación e hipótesis planteadas en un inicio.

#### 5.3.1. Preguntas de investigación

- ¿Qué resultados entrega un modelo biomimético en la industria de la construcción de la región de Atacama?

Según lo aplicado del modelo de Bio Design Thinking en la industria de la construcción de la región de Atacama, se observa una mejora en la visión que tienen las empresas al momento de desarrollar sus proyectos de construcción, la industria regional se caracteriza por tener un visión de corto plazo centrada en la rentabilidad de sus proyectos, con esta propuesta se entrega una nueva visión y más amplia, que toma en consideración no solo el proyecto, sino también el medio natural que rodea al mismo, una visión que se adapta a las necesidades de tiempos pasados y actuales y que es capaz de desarrollarse para comprender necesidades futuras relacionadas con una mayor resiliencia y sostenibilidad.

Otro resultado que entrega el modelo es que fomenta nuevas fuentes de inspiración, en este caso se utiliza a la naturaleza como una fuente de inspiración para encontrar innovaciones en el diseño de sus proyectos, esto le entrega un nuevo valor a la naturaleza por parte de los profesionales de la industria, no solo como fuente de recursos, sino también como una nueva manera de hallar soluciones a sus problemáticas. Finalmente, la implementación de este modelo genera un vínculo entre el área de las ciencias naturales y la industria de la construcción, este vínculo busca mejoras para ambas áreas de estudio y fortalece un quehacer de las universidades en su labor de docencia, vinculación con el medio e investigación, fomentando así el desarrollo de estas con la realidad industrial de la zona, entregando mejores oportunidades de aprendizaje en sus alumnos y una mejor relación con las empresas regionales.

- ¿Las empresas de la construcción en la región están adaptadas para la incorporación de un modelo biomimético?

En base al análisis de la industria y lo observado mediante el desarrollo y aplicación del modelo se obtuvo la respuesta de que no todas las empresas de la industria de la región son capaces de implementar este modelo. Para implementar el modelo se requieren 2 características que no necesariamente todas las empresas poseen, la primera es que debe tenerse una injerencia en las etapas de diseño del proyecto de construcción, existen empresas que responden únicamente a licitaciones en las que está establecido el cómo debe hacerse y el qué debe hacerse, esto limita fuertemente el desarrollo y la implementación de innovaciones en los proyectos, ya que no es decisión directa de estas empresas, sino que depende de quien presente dicha licitación. La otra característica es que las empresas o los profesionales que trabajan en esta deben ser o buscar ser innovadores en sus procesos o sus diseños, al ser innovadores permiten la exploración de nuevas alternativas para el desarrollo de sus proyectos, según las reuniones y las entrevistas realizadas, esto es algo que no necesariamente se cumple en las empresas, ya que estas tienen una visión más centrada a la réplica de estrategias que funcionan con certeza antes que explorar nuevas posibilidades. Cabe destacar que tanto en la empresa de Urbnet como en Atacamax, los profesionales con los que se tuvo contacto si presentan estas características para implementar el modelo. Por último, con una mirada a futuro y en base a lo observado de los(as) estudiantes del Departamento de Construcción y sus respuestas en la encuesta realizada, se observa una mentalidad más abierta a explorar este tipo de alternativas, por lo que no se descarta la posibilidad de que la industria vaya adaptándose y evolucionando en el tiempo a un desarrollo más innovador, lo que haría más probable la aplicación de este modelo biomimético en las empresas.

- ¿Qué importancia tiene el contexto al momento de aplicar un modelo biomimético en la región?

El contexto es un factor clave al momento de aplicar un modelo biomimético, el contexto ayudó a determinar las principales limitaciones que pueda presentar la industria, así como los objetivos que esta busca en su desarrollo. El análisis de la industria ayudó enormemente a comprender lo que se requería solventar con respecto a limitantes y lo que se debía buscar realmente con un modelo para la industria, gracias a esto se descubrió que la industria necesita que se fomenten las innovaciones de carácter resiliente y sostenible,

que respondan de buena manera a todos los tiempos, y que a su vez sean realistas y simples de implementar en una industria que no necesariamente destaca por competencias tecnológicas o de mano de obra.

- ¿Dónde se incorpora un modelo biomimético en la estructura de la organización?  
Y ¿Cómo se incorpora?

La incorporación del modelo de Bio Design Thinking lógicamente varía dependiendo de la estructura única de cada organización, pero se puede decir que es necesario que se implemente en el área o departamento encargado directamente del diseño de los proyectos de construcción las primeras etapas de este modelo se orientan a estos departamentos y sus profesionales, por lo que implementarlo en otra área con otros profesionales requeriría evaluar un rediseño del modelo para esos profesionales. El proceso de incorporarlo dentro de la estructura de la organización, es que las primeras etapas de aprender y vincular se enfoquen en las áreas de diseño de proyectos de construcción, y que a medida que se va desarrollando el modelo puedan incorporarse otras áreas como marketing, operaciones, presupuestos, inversiones u otras, dependiendo obviamente de como lo desarrolle cada organización en su estructura única.

### 5.3.2. Hipótesis

Esta investigación comenzó con la hipótesis de que “Un modelo biomimético trae consigo una mejora en el desarrollo de procesos y productos.”

En base a los resultados obtenidos en el desarrollo de esta investigación podemos decir que un modelo biomimético si trae consigo mejoras en el desarrollo de procesos y productos, pues se logró una mejoría al entregar una visión más amplia y una visión a necesidades del pasado y futuro que considera las limitantes y objetivos del contexto de la industria, además, entrega nuevas fuentes de inspiración para innovaciones resilientes y sostenibles en los proyectos. Esta relación entre el entorno natural y la industria de la construcción no se habría logrado de no haber incorporado el modelo en las empresas de la industria, por lo que estos resultados no se habrían obtenido de no haberse hecho puesto que están directamente relacionados a ese vínculo.

## Capítulo VI. Conclusiones

A manera de concluir, se tiene que la biomimética, a pesar de ser una ciencia en auge o en pleno desarrollo, es capaz de incorporarse en una industria y en una región donde no se conocía anteriormente, y que, además, esta implementación entrega resultados positivos a los procesos y productos de la misma industria, puesto que se amplió la visión existente incorporando el área de las ciencias naturales para buscar estrategias de innovación que vinculen estas dos ramas de estudio, esta sinergia multidisciplinaria generada a través de este modelo puede abrir la posibilidad de que tanto industrias como instituciones académicas o de investigación científica se sigan uniendo y trabajando en conjunto para el beneficio de ambas partes.

Durante el desarrollo de esta investigación, un concepto que se fue haciendo recurrente y que tomó cada vez más peso, fue la multidisciplinaria. La unión de diferentes disciplinas con el objetivo de observar distintos puntos de vista, en un mundo donde cada vez la visión holística en los procesos y productos de las empresas se vuelve más relevante, demuestra que los futuros profesionales deben estar capacitados para tener un mejor entendimiento y una mentalidad más abierta a aprender de distintas visiones de otros profesionales, pues no se puede descartar la posibilidad de adquirir conocimientos de otras áreas de estudio que puedan ser aplicables a un desarrollo profesional en particular, y así, descubrir nuevas maneras de solventar las problemáticas existentes o que se puedan presentar en los tiempos futuros.

Esta investigación no habría sido posible de no ser por el trabajo en cooperación, de la disponibilidad y las oportunidades que entregaron la Cámara Chilena de la Construcción, Urbnet, Atacamax, los académicos del Departamento de Ciencias Naturales, los estudiantes del Departamento de Construcción, a mi profesora guía y el Departamento de Ingeniería Comercial, los cuales decidieron brindar su apoyo y participación a una investigación innovadora que busca el progreso y el desarrollo en un camino de cooperación.

## Bibliografía

- Asikkutlu, H. S., KAYA, L. G., & Yücedağ, C. (2018). *Reflections of biomimicry to spatial design. October.*
- Bautista, J., & Loaiza, N. (2018). Impactos de la construcción sostenible y tradicional a nivel ambiental. *Boletín Semillas Ambientales*, 12(1), 16–25.
- Berenguer, M. (n.d.). NTP 289: Síndrome del edificio enfermo: factores de riesgo. *Notas Técnicas de Prevención. INSHT*, 1–8. [http://www.ugt-cat.net/subdominis/ajlleida/images/stories/documents/salutlaboral/lipoatrofia\\_semicircular/ntp\\_289\\_\\_sindrome\\_del\\_edificio\\_enfermo\\_factores\\_de\\_riesgo.pdf](http://www.ugt-cat.net/subdominis/ajlleida/images/stories/documents/salutlaboral/lipoatrofia_semicircular/ntp_289__sindrome_del_edificio_enfermo_factores_de_riesgo.pdf)
- Biomimicry Institute. (n.d.-a). *About the Institute*. Recuperado Abril 24, 2021, de <https://biomimicry.org/about/#about>
- Biomimicry Institute. (n.d.-b). *Patrones unificadores de la naturaleza*. Recuperado Junio 5, 2021, de <https://toolbox.biomimicry.org/es/conceptos-medulares/patrones-unificadores-de-la-naturaleza/ser-resiliente/>
- Biomimicry Institute. (n.d.-c). *What Is Biomimicry?* Recuperado Abril 24, 2021, de <https://biomimicry.org/what-is-biomimicry/>
- Biomimicry3.8. (n.d.). *A Biomimetic Monsoon-Proof Landscape Master Plan*. 5–6.
- Biomimicry3.8. (2016). *Biomímesis perspectiva de diseño*. <https://static1.squarespace.com/static/524b9804e4b0bcb12e05b307/t/59544d5a03596e81cb8a6b97/1498697059888/Perspectiva+de+Disen!ão+Espan!ão+Biomimicry38+g1.1.pdf>
- Blok, V., & Gremmen, B. (2016). Ecological Innovation: Biomimicry as a New Way of Thinking and Acting Ecologically. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, 29(2), 203–217. <https://doi.org/10.1007/s10806-015-9596-1>
- Boaretto, J., Fotouhi, M., Tende, E., Aver, G. F., Rafaela, V., Marcon, R., Luís Cordeiro, G., Bergmann, C. P., & Vannucchi De Camargo, F. (2021). *Biomimetics and Composite Materials toward Efficient Mobility: A Review*. <https://doi.org/10.3390/jcs5010022>
- Botella, E. (2020). *Síndrome del edificio enfermo*. [http://193.147.134.18/bitstream/11000/7123/1/Botella\\_Cereceda\\_Eduardo\\_TFM.pdf](http://193.147.134.18/bitstream/11000/7123/1/Botella_Cereceda_Eduardo_TFM.pdf)
- Buck, N. T. (2015). The art of imitating life: The potential contribution of biomimicry in shaping the future of our cities. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 44(1), 120–140. <https://doi.org/10.1177/0265813515611417>
- Daza, O., & Guarnizo, F. (2020). *Revision bibliográfica entre el concreto auto reparable y el concreto convencional*.
- Durán, F., & Villanueva, J. (2000). *Cambios en la concepción y en los usos de la ruralidad: del antropocentrismo productivista al ecocentrismo naturalista*.



<https://revistas.ufpr.br/made/article/view/22104/14470>

- Espinoza, C. (2020). *Análisis de relaciones entre actores del sistema regional de innovación en la industria de construcción*.
- Estela, M., Aguayo, F., & Ramón, J. (2011). Ingeniería sostenible de la cuna a la cuna: una arquitectura de referencia abierta para el diseño C2C. *Dyna (Spain)*, 86(2), 199–211. <https://doi.org/10.6036/3873>
- Fayemi, P.-E., Maranzana, N., Aoussat, A., & Bersano, G. (2014). Bio-Inspired design characterisation and its links with problem solving tools. In *Dubrovnik-Croatia*. <https://www.designsociety.org/publication/35162/BIO-INSPIRED+DESIGN+CHARACTERISATION+AND+ITS+LINKS+WITH+PROBLEM+SOLVING+TOOLS>
- Giuliano, G. (2014). *De la cuna a la cuna: una crítica al diseño eco-eficiente*.
- Gobierno de Chile. (2015). *Conoce el plan de reconstrucción de Atacama*. <https://www.gob.cl/noticias/conoce-el-plan-de-reconstruccion-de-atacama/>
- Hernández, R., Feránadez, C., & Baptista, M. D. P. (2014). Metodología de la investigación. <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística [INE]. (n.d.). *Bienvenidos Atacama*. Recuperado Abril 23, 2021, de <https://regiones.ine.cl/atacama/inicio>
- Leal, J. (2005). *Ecoeficiencia: marco de análisis, indicadores y experiencias* (Issue 555).
- Maskuriy, R., Selamat, A., Maresova, P., Krejcar, O., & David, O. O. (2019). Industry 4.0 for the construction industry: Review of management perspective. *Economies*, 7(3), 1–14. <https://doi.org/10.3390/economies7030068>
- McGregor, S. L. T. (2013). Transdisciplinarity and Biomimicry. *Transdisciplinary Journal of Engineering & Science*, 4(1). <https://doi.org/10.22545/2013/00042>
- Michel, N. (2019). *Sostenibilidad y resiliencia - Sinergias y Contraposiciones en el ámbito de la construcción*.
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (n.d.-a). *¿Qué es un Plan Regulador Comunal?* Recuperado Junio 14, 2021, de <https://www.minvu.gob.cl/preguntas-frecuentes/urbanismo-y-construccion/que-es-un-plan-regulador-comunal/>
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (n.d.-b). *Aluvión Antofagasta - Atacama 2015*. Recuperado Mayo 20, 2021, de <https://www.minvu.gob.cl/reconstruccion/aluvion-antofagasta-atacama-2015/>
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (2015). *Resultados encuestas percepción de calidad de vida urbana Region de Atacama 2015*. [http://calidaddevida.colabora.minvu.cl/doc2016/Resultados\\_Encuesta\\_Percepción\\_de\\_Calidad\\_de\\_Vida\\_Urbana\\_Región\\_de\\_Atacama\\_2015.pdf](http://calidaddevida.colabora.minvu.cl/doc2016/Resultados_Encuesta_Percepción_de_Calidad_de_Vida_Urbana_Región_de_Atacama_2015.pdf)

- Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (2021a). *Reporte plan de reconstrucción aluvión Atacama 2015*. <https://www.minvu.gob.cl/wp-content/uploads/2019/06/Reporte-WEB-Aluvion-Atacama-2015-abril-2021-Terminado.pdf>
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (2021b). *Reporte plan de reconstrucción aluvión Atacama 2017*. <https://www.minvu.gob.cl/wp-content/uploads/2019/06/Reporte-WEB-Inundaciones-Atacama-2017-abril-2021.pdf>
- Morán, L., Yábar, G., & Figueroa, K. (2017). *Calidad del aire interior en el síndrome del edificio enfermo, Ciudad de Trujillo*. <http://revistas.urp.edu.pe/index.php/RFMH/article/view/1209/1101>
- Pandremenos, J., Vasiliadis, E., & Chryssolouris, G. (2012). Design architectures in biology. *Procedia CIRP*, 3(1), 448–452. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2012.07.077>
- Parikh, A. (2015). *The Private City: Planning, Property, and Protest in the Making of Lavasa New Town, India*. Marzo, 302. [http://etheses.lse.ac.uk/3203/1/Parikh\\_The\\_Private\\_City.pdf](http://etheses.lse.ac.uk/3203/1/Parikh_The_Private_City.pdf)
- Pathak, S. (2019). *Biomimicry: (Innovation Inspired by Nature)*. 34–38. [www.ijntr.org](http://www.ijntr.org)
- Ponce, C., Huamani, S., & Sánchez, E. (2015). Los beneficios del uso de bacterias en el concreto autorregenerante. *Universidad Autónoma De Nuevo León Facultad*, 36–38.
- Radwan, G. A. N., & Osama, N. (2016). Biomimicry, an Approach, for Energy Efficient Building Skin Design. *Procedia Environmental Sciences*, 34, 178–189. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.04.017>
- Rocha, E., Rodríguez, J., Martínez, E., & López, J. (2012). *Biomimética: innovación sustentable inspirada por la naturaleza*. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=67424409007>
- Román, J. (n.d.). *Industria 4.0: la transformación digital de la industria*.
- Rossin, K. J. (2010). *Biomimicry : Nature's design process versus the designer's process*. 138, 559–570. <https://doi.org/10.2495/DN100501>
- Servicio Nacional de Capacitación y Empleo. (2021). *Observatorio Laboral de Atacama estudia desafíos de la construcción en la industria 4.0*. <https://www2.sence.gob.cl/personas/noticias/observatorio-laboral-de-atacama-estudia-desafios-de-la-construccion-en-la-industria-40.html>
- Solís, M. J., Errazuriz, M. J., Caradeuc, C., & Seabra, G. (2019). *Evaluación multicriterio de la potencialidad turística de un territorio. Caso de estudio parque nacional Pan de Azúcar, Región de Atacama. Chile. Agosto 2020*.
- Universidad Católica. (2018). *Encuesta nacional de medio ambiente 2018*.
- Villa, F. (2009). *Construcciones verdes*.
- World Commission on Environment and Development. (1987). *Report of the World*

*Commission on Environment and Development: Our Common Future.*

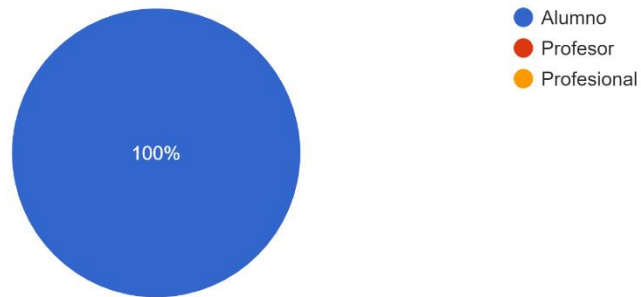
Ynzunza, C., Izarl, J., & Bocarando, J. (2017). El entorno de la industria 4.0: Implicaciones y perspectivas futuras. *ConCiencia Tecnológica*, 54(1405–5597), 33–45. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6405835>

## Anexos

Anexo N°1: Resultados de encuesta aplicada a estudiantes de la carrera de Construcción Civil que cursaron la asignatura Evaluación y control de proyectos

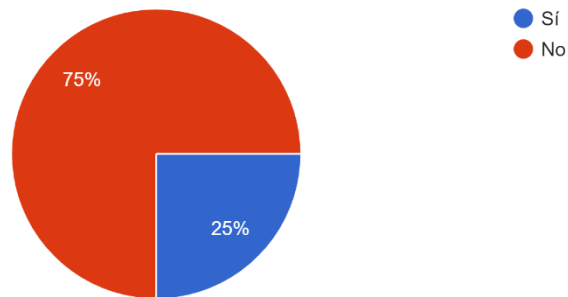
Estado profesional

8 respuestas



¿Conocías previamente el concepto Biomimética, Biomimica, Bio-Inspiración o Biomimicry?

8 respuestas



### Brevemente, ¿Qué entiendes por Biomimética o Bio-Inspiración?

8 respuestas

Es la aplicación de la ciencia de la naturaleza, en aspectos que pudiesen beneficiar al ser humano utilizando lo mínimos recursos

la replicación de una solución aplicada por la naturaleza

Inspiración en base a la naturaleza

Es la ciencia que estudia la naturaleza para imitarla y dar soluciones prácticas a problemáticas humanas.

Ver de que manera la naturaleza soluciona los problemas e imitar esas soluciones

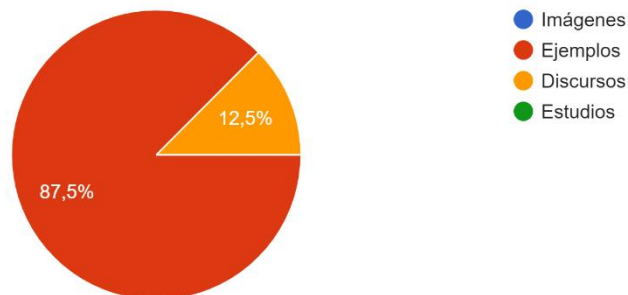
Es utilizar como inspiración la naturaleza para la resolución de alguna problemática.

Imitar a la naturaleza para obtener soluciones a problemas humanos a través de su diseño, procesos y funcionamiento

Producto o servicio inspirado en alguna característica o cualidad de un elemento de la naturaleza, tanto flora como fauna.

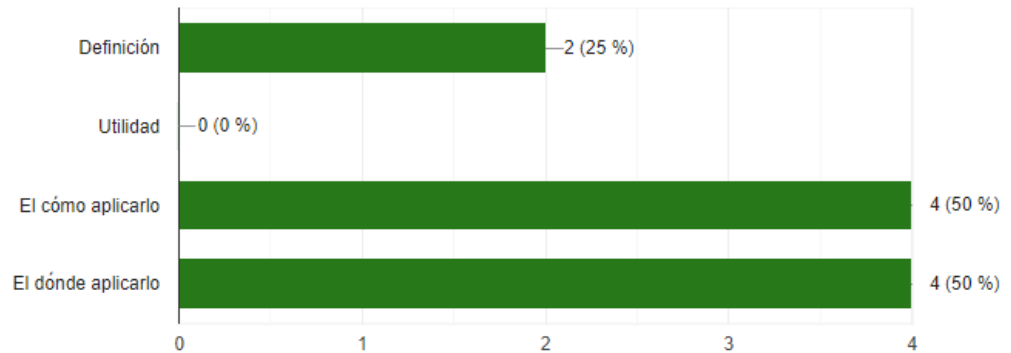
### ¿Qué herramienta te ayudó más a comprender el concepto?

8 respuestas



¿Qué fue lo que te complicó al momento de aprender el concepto?

8 respuestas



Luego de aprender el concepto ¿Cómo has reflexionado acerca de lo aprendido?

8 respuestas

Lo sabía que fue la evolución y naturaleza encontrando estas herramientas naturales para la supervivencia de esta

de cuantas cosas investigamos y su respuesta ha estado frente a nosotros por miles de años

Aprendí que la naturaleza tiene un sin fin de cosas que enseñarnos

Es un método bastante interesante que debería tener mayor cabida dentro de la búsqueda de soluciones a cualquier problemática humana que se presente, ya que se puede apreciar y aprender cada día de la naturaleza y los sabios procesos que ella existen.

Muchos de los problemas que tenemos en general ya tienen una solución, solo hay que ver de manera la naturaleza los soluciono

Es necesario dar mas a conocer el concepto , ya que es muy poco lo que se sabe respecto al tema por lo menos en América Latina

Que tenemos mucho que aprender como sociedad de la naturaleza, y poner en marcha sus soluciones

Desde la perspectiva de lo estudiado, es una disciplina que está en auge y puede ser el enfoque de productos o servicios futuros.

### ¿Qué has aprendido de tus reflexiones?

7 respuestas

La poca valoración que se le da a este concepto

tratar de mirar con otros ojos los procesos de la naturaleza

Que las innovaciones basadas en biomimetica superan ampliamente a lo ya existente

Que se puede usar la naturaleza como una fuente inagotable de conocimiento e inspiración.

He aprendido que la inspiración puede estar en todas partes y es necesario que como estudiantes tengamos esa curiosidad de investigar y crear cosas nuevas , para que en un futuro podamos contribuir en los distintos rubros que nos desempeñemos .

Que podríamos crear mejores procesos productivos, basados en la naturaleza mejorando así nuestra huella de contaminación.

La biomimetica es el futuro de la tecnología, en cuanto al reciclaje y sustentabilidad de futuros proyectos.

### ¿Qué dudas tienes acerca de la Biomimética?

8 respuestas

Porqué no se ocupa a más gran escala

de las otras aplicaciones de esta que aun desconocemos

Cuando se verá realmente aplicada en todo lo que se puede aplicar

Cual seria la mejor manera de investigar la naturaleza para obtener la inspiración que se necesita según los determinados problemas que se quieran dar solución.

Ninguna

Por que no se ha masificado más el concepto por ejemplo en los colegios o en las universidades .

Por ahora ninguna duda adicional

No aplica.

Anexo N°2: Material gráfico generado y entregado a las empresas.





# Bio-Inspiración



## Observar

Montículo de termitas del desierto de Zimbabue.

Temperaturas extremas durante el día y la noche.

## Aprender

Materiales que absorben calor casi sin aumentar su temperatura.

Pequeños agujeros que permiten el paso del aire.

Ciclan corrientes de aire para regular temperatura.



## Imitar

Construcción del EastGate Center, edificio con ventilación pasiva, ahorro de energía y Autorregulación de temperatura.

# Como Observar para Aprender



## Escala Ecosistémica

Observa de lo general a lo particular, Geografía, Climatología, Habitantes, Estrategias. Ayudará a entender mejor el Ecosistema del lugar

## Utiliza la Tecnología

Utiliza binoculares, cámaras, teléfonos para observar, tomar fotografías y grabar. Esto ayudará a complementar a lo observado y anotado



## Información

Informarse antes de ir al lugar que se observará, los cuidados personales, al medio ambiente y que se espera observar.

Informarse luego acerca de lo observado, lo anotado y registrado en fotos o videos.

Recuerda registrar todo lo que puedas y todo lo que te llame la atención.

# ATACAMA



Un desierto de posibilidades

JUAN IGNACIO FIGUEROA COOZ - ESTUDIANTE INGENIERÍA  
COMERCIAL - UNIVERSIDAD DE ATACAMA

CORREO : JUAN.FIGUEROA.17@ALUMNOS.UDA.CL  
FONO : +569 2018 0562  
CONTACTO WHATSAPP : +569 9965 7055