

Guía introductoria de Diseño Urbano Biomimético

*Con enfoque en Parques de
Interpretación Cultural*



Bach. Arq. Andrea Jimena Tenorio Barriga

Tacna - 2025

Presentación

La presente guía constituye un aporte académico anexada a mi investigación de pregrado en Arquitectura, titulada: *“De la teoría a la realidad: aplicación de principios biomiméticos para el mejoramiento de las cualidades urbanas en parques de interpretación cultural en Tacna”*

Su propósito es difundir de manera clara y accesible los principios y premisas teóricas de la biomímesis aplicados al diseño urbano, ofreciendo un material de consulta inicial para estudiantes, profesionales e interesados en la temática.

Cabe señalar que **esta guía no pretende establecer un modelo definitivo ni normativo**, sino más bien recoger los aprendizajes de la investigación y traducirlos en lineamientos y reflexiones que puedan inspirar futuros proyectos.

Con ello, se busca abrir el diálogo académico y profesional en torno a la biomímesis como estrategia de sostenibilidad, identidad cultural y resiliencia urbana.

Bach. Arq. Andrea Jimena Tenorio Barriga

Objetivos de esta guía



Integrar los principios de la biomímesis en el diseño urbano, traduciéndolos en lineamientos aplicables a parques de interpretación cultural.



Responder a las problemáticas detectadas en el diagnóstico de los parques La Locomotora y Villa Magisterial, planteando soluciones inspiradas en estrategias presentes en la naturaleza.



Adaptar el diseño a las condiciones ambientales locales, considerando factores críticos como la aridez del desierto de Atacama, el estrés hídrico recurrente y los altos niveles de radiación solar característicos de Tacna.



Fortalecer la identidad cultural y el sentido de pertenencia comunitario, incorporando elementos que vinculen patrimonio cultural, biodiversidad y memoria colectiva en los parques.



Proporcionar un instrumento práctico y replicable, que sirva como base para futuras intervenciones urbanas en contextos similares, contribuyendo a la búsqueda de soluciones sostenibles y a la ampliación de la visión del diseño arquitectónico y urbano.



Biomímesis

El concepto de biomímesis tiene sus raíces en la antigüedad, pero fue formalizado en la década de 1990 por Janine Benyus, quien popularizó el término en su libro "Biomimicry: Innovation Inspired by Nature" (2002). Esta teoría de la biomímesis se basa en la observación de la naturaleza como una fuente de inspiración y conocimiento (Benyus, 2002).

Benyus propuso que la naturaleza actúa como modelo, mentor y medida, sugiriendo que los diseñadores pueden aprender de la forma en que los organismos resuelven problemas, se adaptan y prosperan en su entorno.

“La naturaleza, a lo largo de 3,8 billones de años de evolución, ha dado lugar a estructuras de “diseño inteligente” que podemos estudiar e imitar —o más bien reinterpretar— para aprender a diseñar tecnologías más sostenibles.”

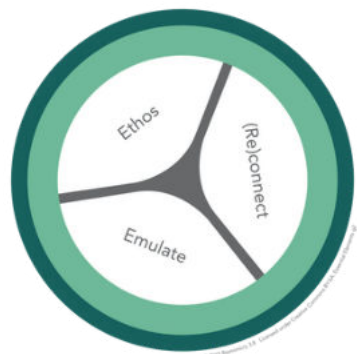
(Salas Mirat et al., 2018)

Un ejemplo reconocido de la biomimesis fue que gracias al estudio de la aerodinámica de los voladores naturales, los ingenieros pueden optimizar el diseño de vehículos para mejorar el rendimiento y el consumo de combustible. Los ingenieros que diseñaron el tren bala Shinkansen de Japón **se basaron en la forma del pico del martín pescador para reducir el ruido y aumentar la velocidad**. La forma aerodinámica del tren también reduce el estampido sónico al entrar en túneles.



Según Rowland (2017), la filosofía de **la Biomimesis no se limita a la observación superficial de la naturaleza como fuente de inspiración formal;**

por el contrario, propone una transformación profunda en la forma en que los seres humanos entienden su rol dentro de los sistemas naturales y se sostiene bajo tres componentes esenciales: la Reconexión, la Ética Biomimética y la Emulación



Esto **NO** es Biomimesis



Muchas veces se confunde la biomímesis con el simple hecho de imitar la forma de un animal o planta. Sin embargo, colocar la apariencia de un pez o un pato en un edificio no implica aprendizaje de la naturaleza, sino un mero gesto decorativo. **La biomimesis no busca copiar la estética, sino comprender los principios funcionales que permiten a los organismos adaptarse, ser eficientes y resilientes.** Por ello, es importante diferenciar entre un diseño inspirado superficialmente en la forma natural y un diseño biomimético que aplica estrategias biológicas para resolver problemas humanos de manera sostenible.

Principios Biomiméticos

En total son 6, sin embargo, para la presente guía, se exploran estos **3 principios**, que presentan una relación más directa con el diseño urbano.



Adaptación a condiciones cambiantes

Los ecosistemas naturales son resilientes: se regeneran, varían y se ajustan ante los cambios de su entorno. En diseño urbano, este principio inspira espacios capaces de evolucionar con la ciudad y el ambiente, no solo de resistirlos.

Ejemplo natural: un bosque que vuelve a crecer después de un incendio.



Atención y respuesta local

Los organismos aprovechan los recursos inmediatos y se adaptan a las condiciones locales. En arquitectura, esto significa trabajar con materiales accesibles, energías renovables y soluciones acordes al contexto cultural y ambiental. **Ejemplo natural:** el cactus, que almacena agua y sobrevive en climas extremos.



Eficiencia en el uso de recursos

La naturaleza maximiza cada recurso disponible, sin desperdicio. Aplicado al diseño, este principio busca reducir consumo energético, fomentar el reciclaje y diseñar con múltiples funciones en mente.

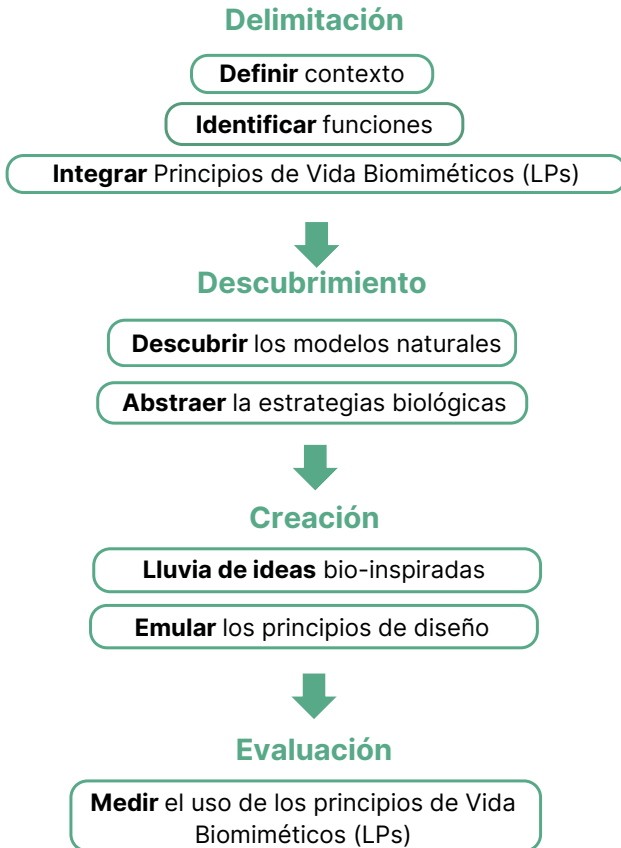
Metodología del Diseño Biomimético

Según Stevens (2021) un diseño es considerado **biomimético** si cumple con **5 criterios**:



Metodología del Diseño Biomimético

Challenge to Biology



La metodología más empleada del diseño biomimético es el enfoque de “Challenge to Biology”, el cual parte de una necesidad humana definida. Aunque este procesos se divide en fases secuenciales, las cuales son: **Delimitación (Scoping)**, **Descubrimiento (Discovering)**, **Creación (Creating)** y **Evaluación (Evaluating)**, en la práctica no se sigue una línea recta de pasos fijos, pues el equipo de diseño suele volver atrás y revisar, avanzar y luego modificar.

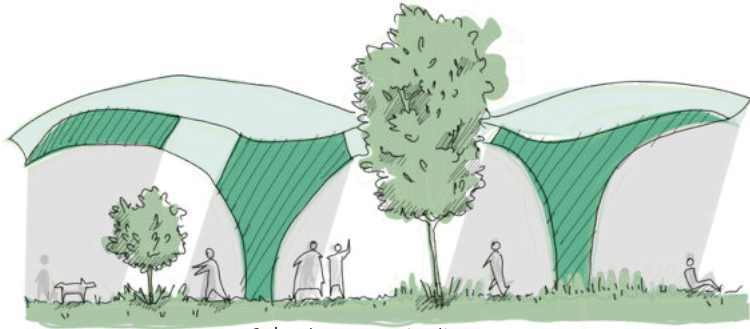
Lineamientos y Premisas de Diseño

Urbano Biomimético (Según problemática encontrada)

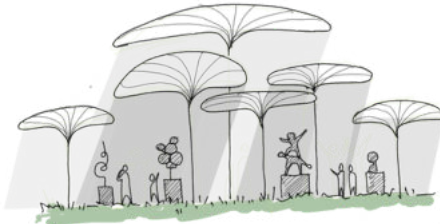
Problemática: Ausencia de sombra natural y confort térmico

Justificación teórica: Los ecosistemas áridos, como los presentes en la cabecera del desierto de Atacama, desarrollan mecanismos de autorregulación térmica para sobrevivir a condiciones extremas. Los árboles regulan el microclima mediante su copa y follaje; las hojas superpuestas permiten captar luz y al mismo tiempo generar sombra; los insectos alados, como las mariposas, controlan su temperatura corporal mediante la orientación de sus alas). Estas estrategias permiten crear microclimas y mantener la funcionalidad del sistema en condiciones adversas.

Premisa propuesta: Incorporar estructuras de sombreado inspiradas en hojas superpuestas, copas arbóreas o alas de insectos, capaces de generar microclimas ventilados y confort térmico en áreas de descanso y tránsito. Complementar con la plantación estratégica de árboles nativos (como el molle o la tara), adaptados a la aridez y con capacidad de proporcionar sombra natural.



Cobertura que mimetiza las hojas perforadas, buscando generar espacios dinámicos

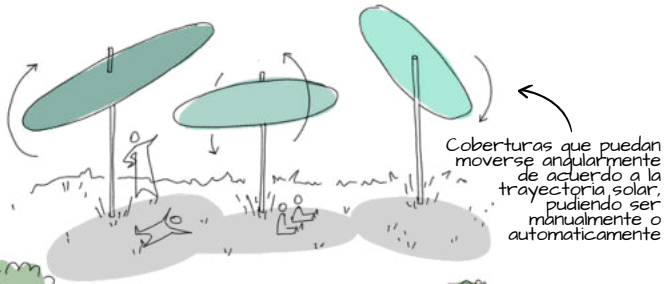
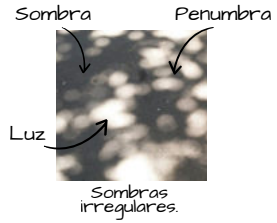


Coberturas semi traslúcidas en distintas alturas, para generar distinta intensidad de sombras y penumbras, para el confort climático y visual.





Las hojas se perforan naturalmente, para que el sol llegue a las hojas inferiores.



Las mariposas en reposo, cambian el ángulo de sus alas, para su propia protección contra los rayos uv del sol.



La sombra ideal por naturaleza: la de los árboles

Problemática: Vegetación decorativa sin función ecosistémica

Justificación teórica: La biomimesis plantea que los sistemas vivos funcionan en simbiosis, integrando diversidad y resiliencia (Kennedy et al., 2015). En ecosistemas áridos, las asociaciones entre plantas y microorganismos (como las micorrizas) permiten el aprovechamiento eficiente de nutrientes y agua. Reemplazar vegetación meramente estética por especies nativas funcionales permite reforzar la biodiversidad y responder mejor al contexto local.

Premisa propuesta: Sustitución progresiva de especies decorativas por plantas nativas y adaptadas a la aridez de Tacna, seleccionadas no solo por su valor paisajístico sino por su aporte ecológico (retención de agua, atracción de polinizadores, generación de hábitat).



Problemática: Rigidez en las circulaciones y recorridos

Justificación teórica: La naturaleza organiza sus flujos de energía, agua y organismos siguiendo patrones que maximizan el rendimiento con el mínimo gasto de recursos. Ejemplos de ello son los meandros de los ríos, las ramificaciones de las raíces o las huellas de tránsito animal, que se adaptan a la topografía y optimizan la conectividad. Según Vendetti (2015), reconocer estas “estructuras relacionales compartidas” permite trasladar soluciones eficientes a la escala del diseño urbano.

Premisa propuesta: Rediseñar los senderos del parque con patrones de flujo orgánico inspirados en ramificaciones, espirales y trayectorias de agua. Estos recorridos permiten una mayor variedad de experiencias, mejoran la orientación intuitiva del visitante y favorecen la accesibilidad.



Las ondeantes y ramificadas cuencas de los ríos que llevan vida por donde pasan.



La organización lineal y los caminos claros de las hormigas obreras



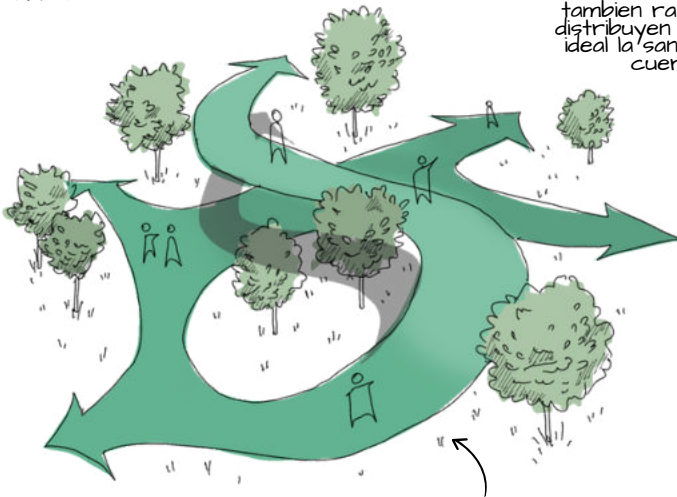
Las termitas trazan galerías, no solo horizontalmente sino también verticalmente.



Trazar caminos ramificados, pudiendo ser ondeantes o curvos, o incluso rectos, considerando la trayectoria de los usuarios y generando espacios de conexión y estancia



Nuestras venas también ramificadas distribuyen de forma ideal la sangre en el cuerpo



Estos caminos ramificados no solo deben ser considerados pegados al piso o de forma horizontal, las ramificaciones de los árboles no van a un mismo ángulo, al variar y elevar el camino, generamos nuevas sensaciones y visuales que pondrán en valor al espacio público.

Problemática: Falta de espacios para expresión cultural

Justificación teórica: En la naturaleza, muchas especies funcionan en estructuras colectivas (colmenas, colonias de hongos, cardúmenes) que favorecen la cooperación, el intercambio y la supervivencia del grupo. Stevens (2021) plantea que la biomímesis es interdisciplinaria y busca soluciones que respeten y fortalezcan la cohesión del sistema en su conjunto. Aplicado al urbanismo, esto implica diseñar espacios que actúen como “nodos de encuentro” para reforzar el tejido social y cultural.

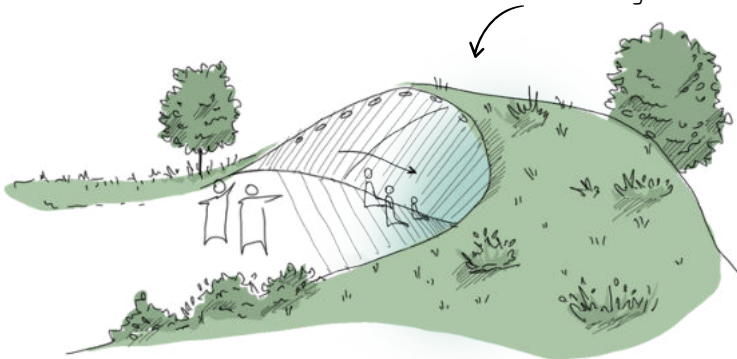
Premisa propuesta: Diseñar anfiteatros naturales o espacios radiales inspirados en la forma de los nidos, panales o madrigueras, destinados a actividades culturales y artísticas. Estos espacios multifuncionales pueden servir tanto para representaciones escénicas como para reuniones comunitarias, reforzando el sentido de pertenencia.



La madriguera del conejo es un refugio semi-subterráneo en red, creado para proteger, conectar y albergar vida comunitaria en equilibrio con el entorno

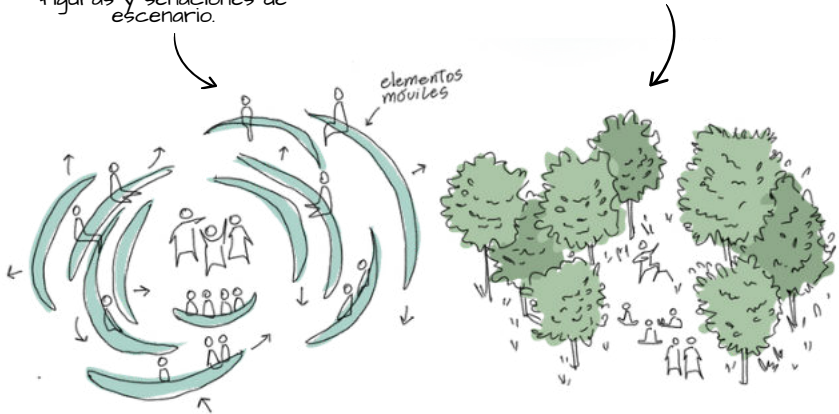
Un espacio cultural semi-subterráneo, inspirado en la madriguera, que funcione como refugio comunitario, con salas interconectadas, microclima estable y accesos estratégicos integrados al entorno.

Puede inspirar un diseño colectivo, inclusivo y flexible, donde la gente se sienta parte de un "refugio cultural"

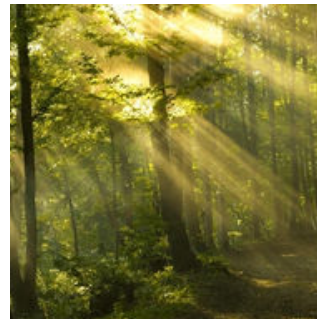


Un claro de bosque artificial mediante la plantación estratégica de árboles y vegetación, que funcione como un escenario natural vivo, donde la disposición circular de los árboles genere un espacio central abierto para la expresión cultural (danza, música, teatro), evocando los claros que la naturaleza destina como lugares de encuentro y espectáculo

Anfiteatros y puntos de atracción cultural, con mobiliario móvil, para generar distintas figuras y sensaciones de escenario.



El nido, una estructura circular formada por la colocación de distintas ramas separadas para acoger a las crías.



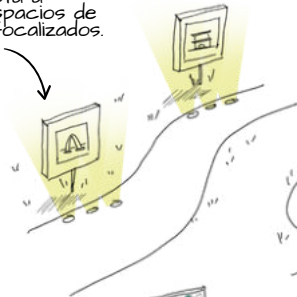
Los claros de bosque, espacios generados naturalmente, que favorecen la interacción entre especies.

Problemática: Falta de señalética cultural y educativa

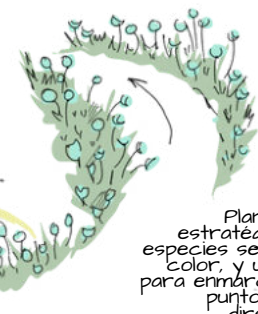
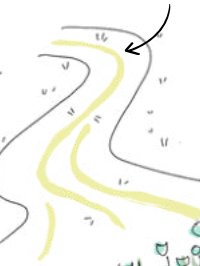
Justificación teórica: En la naturaleza, la comunicación se da a través de señales visuales, patrones y texturas que guían el comportamiento (ej. el camuflaje de los insectos, los patrones fractales en hojas y conchas, las huellas en el suelo). Kennedy et al. (2015) explican que la biomímesis refuerza los procesos de observación y traducción de estas señales para integrarlas al diseño humano. Incorporar estos principios en señalética urbana permite transmitir mensajes de manera intuitiva, no invasiva y coherente con el entorno natural.

Premisa propuesta: Diseñar señalética inspirada en patrones naturales como fractales, huellas o texturas animales, que además de orientar, eduquen al visitante sobre la biodiversidad local y el patrimonio cultural. Estos elementos deben ser discretos y respetuosos con el paisaje, evitando contaminación visual.

Luz estratégica para atraer la vista a pequeños espacios de exposición focalizados.

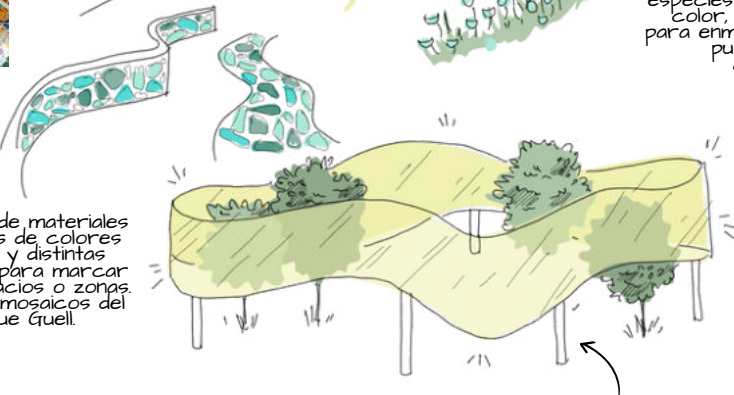


Huellas de Luz

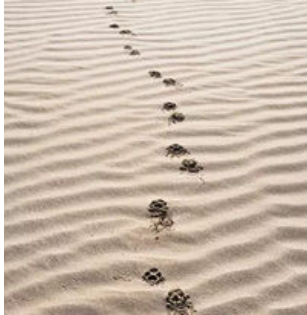


Plantación estratégica de especies según su color, y usarlas para enmarcar un punto o una dirección.

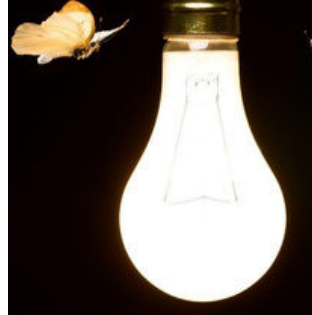
Utilización de materiales reciclados de colores fuertes y distintas texturas para marcar rutas, espacios o zonas. Como los mosaicos del Parque Guell.



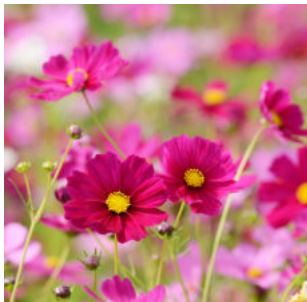
Estructura semi traslúcida y ligera con iluminación tenue de gran escala, para la atracción de los usuarios al parque o espacio público, generando dinamismo y multifuncionalidad en la noche.



Las huellas de las especies, muchas veces son usadas como camino, pues indica una ruta segura.



La atracción visual a la luz de los insectos.



Muchas especies, utilizan las flores o vegetación de color fuerte como señal para ubicarse.



Los colores fuertes en la naturaleza simbolizan demasiado, y señalan desde especies peligrosas, comida o hasta lugares.

Problemática: Deterioro del mobiliario urbano

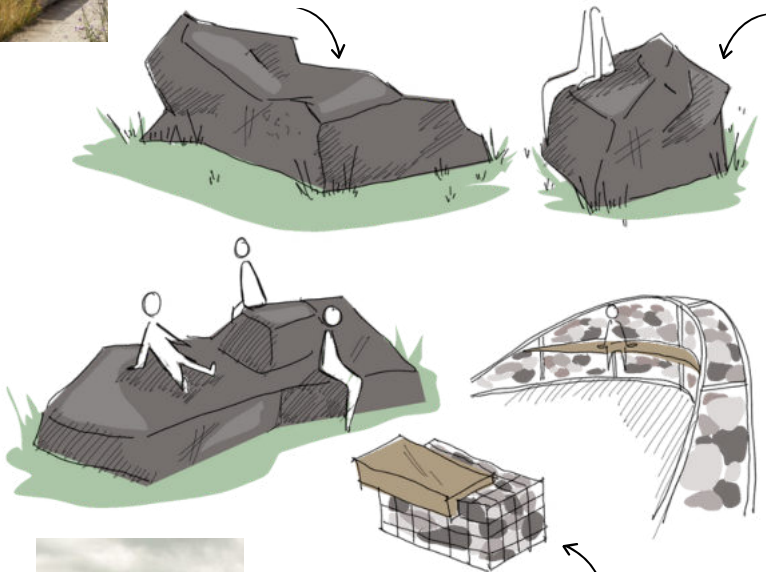
Justificación teórica: Los organismos naturales desarrollan estructuras resistentes y adaptables frente al desgaste. Las conchas marinas, las rocas y las fibras vegetales son ejemplos de estructuras ligeras pero fuertes, capaces de resistir tensiones y regenerarse en caso de daño. Stevens (2021) plantea que el diseño biomimético debe promover la sostenibilidad a través de materiales duraderos y procesos regenerativos.

Premisa propuesta: Incorporar mobiliario urbano elaborado con materiales inspirados en estructuras óseas e ígneas, resistentes a la intemperie y con posibilidad de auto reparación o modularidad (ej. bancos que se ensamblan o reemplazan por partes).



Bancos inspirados en rocas naturales, resistentes y duraderos, con formas orgánicas o más rectas

Mobiliario modular que se ensambla y reemplaza por partes, reduciendo el deterioro y el costo de mantenimiento.

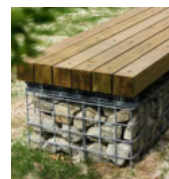


Rocas y texturas geológicas que transmiten solidez, y brindan espacios para sentarse así como contextualizar la zona desértica de Tachá

Texturas y grabados inspirados en los petroglifos y manifestaciones culturales ancestrales de la región



Uso de estructuras resistentes, abobones y materiales locales que soportan la intemperie.



Problemática: Espacios en desuso o con baja apropiación

Justificación teórica: En los ecosistemas, los espacios vacíos no permanecen improductivos, sino que son colonizados y transformados mediante procesos de sucesión ecológica o metamorfosis, que adaptan el hábitat a nuevas funciones. Rowland (2017) menciona que el diseño biomimético implica crear sistemas capaces de evolucionar y transformarse según las necesidades.

Premisa propuesta: Reactivar los espacios en desuso mediante diseños flexibles y reversibles, como áreas modulares que cambien de uso (mercados temporales, áreas de exposición cultural, huertos comunitarios). Inspirarse en procesos de metamorfosis y crecimiento natural, donde una misma estructura pueda transformarse en distintas funciones a lo largo del tiempo.



"Hojas: producen energía (fotosíntesis), dan sombra, regulan temperatura, interceptan lluvia, se convierten en alimento y refugio."



Una oruga se transforma en mariposa mediante un proceso de adaptación evolutiva.

Problemática: Seguridad en el espacio público

Justificación teórica: En la naturaleza, la seguridad se logra a través de estrategias adaptativas que combinan protección individual y vigilancia colectiva. Por ejemplo, los caparazones, conchas o cortezas actúan como barreras protectoras sin aislar completamente al organismo; las bandadas de aves y colonias de insectos mantienen su seguridad mediante vigilancia mutua y cooperación; y organismos bioluminiscentes emiten señales lumínicas para orientar o advertir.

Premisa propuesta:

- Barreras naturales que protejan sin obstruir la visibilidad.
- Configuraciones espaciales que fomenten la vigilancia natural colectiva, inspiradas en la cooperación de bandadas o colmenas.
- Sistemas de iluminación inspirados en bioluminiscencia, que orienten y generen percepción de seguridad sin producir contaminación lumínica.

Caso Aplicado: Parque de la Locomotora

Para finalizar, se presentan de forma gráfica y visual las premisas biomiméticas resultantes de la presente investigación, aplicadas al rediseño y mejora del Parque de la Locomotora. Es importante señalar que no todas las premisas planteadas en esta tesis han sido aplicadas en el presente caso de estudio, sino aquellas que resultaron más pertinentes para responder a las problemáticas específicas detectadas en este espacio público.

Uno de los ejes centrales fue la **adaptación a condiciones cambiantes**, reflejada en el uso de materiales locales y de bajo mantenimiento, así como en la incorporación de especies nativas que aseguran un paisaje resistente al clima y reducen costos de conservación. De manera complementaria, **la eficiencia en el uso de recursos** se expresó en el mobiliario natural hecho de piedras, en sistemas de iluminación con carga solar y en el empleo de suelos permeables que facilitan la autorrenovación ecológica del espacio.

La **respuesta local y contextual** se manifestó mediante la señalética con referencias a las huellas de la fauna local y a los petroglifos de Miculla, lo que fortalece la identidad del lugar y potencia su valor turístico y cultural. Asimismo, se priorizó la creación de configuraciones espaciales que fomenten la cooperación y vigilancia natural colectiva, inspiradas en dinámicas de bandadas o colmenas, reforzando la seguridad y el sentido de pertenencia de los usuarios.

En términos de diseño formal, los senderos orgánicos se inspiran en el flujo sinuoso de un río, generando recorridos ramificados que favorecen la exploración y multiplican los puntos de encuentro. Los espacios de sombra evocan las copas arbóreas y las hojas superpuestas, aportando confort climático. Del mismo modo, el escenario cultural se concibió como una madriguera flexible que funciona como refugio social y artístico, reforzando la resiliencia comunitaria a través de la descentralización de actividades.



ALAMEDA BLOGINESI

Zona de Exposiciones*

Espacio designado para exposiciones temporales o permanentes que fomenten el patrimonio cultural taciteño.

Mobiliario Natural

Mobiliario natural, dentro de áreas verdes para descanso.

Mobiliario de Estancia

Diseño de mobiliario acorde a circulaciones, con multinivel, generando zonas de encuentro.

Zona de Estatua

Reubicación de estatuas emblemáticas, con mobiliario para su apreciación y toma de fotografías.

Zona de Estatua

Reubicación de estatuas emblemáticas, con mobiliario para su apreciación y toma de fotografías.

Escenario Cultural

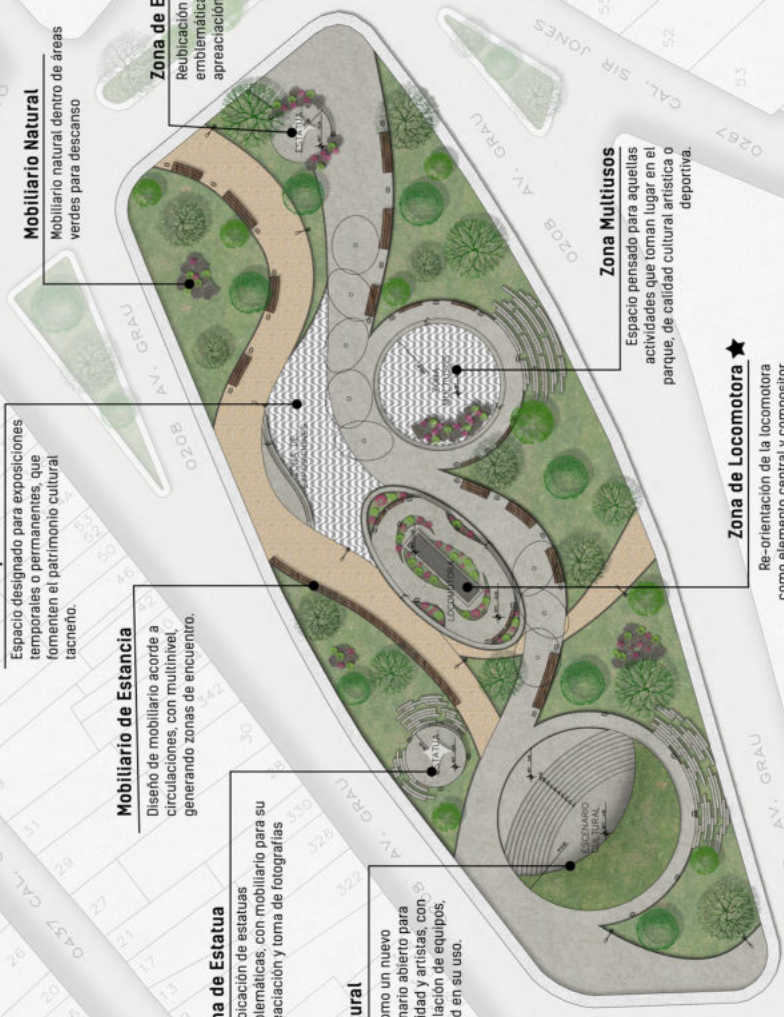
Espacio pensado como un nuevo nodo cultural, escenario abierto para el uso de la comunidad y artistas, con posibilidad de insitación de equipos, y multifuncionalidad en su uso.

Zona Multusos

Espacio pensado para aquellas actividades que toman lugar en el parque, de catidad cultural artistica o deportiva.

Zona de Locomotora ★

Re-orientación de la locomotora como elemento central y compositor del parque, en una plataforma elevada con mobiliario de apreciación como para toma de fotografías emblemáticas.





Senderos de parque con patrones de flujo orgánico y sinuosos inspirados en ramificaciones y trayectoria de Río.

Mobiliario natural, hecho de piedras para que funcionen como banca y mesas.

Señalética de espacios principales a través de la colocación estratégica de especies, colores y texturas

Identidad del lugar, conservada a través de la continuación de la emblemática textura de la Av. Bolognesi

Participación Ciudadana y cultural, habilitar espacios para talleres, exposiciones, ferias, etc.

Procesos de baja energía, a través de iluminación con carga solar.

Auto-renovación, empleo de materiales naturales y sistemas de bajo mantenimiento con suelos permeables.

Incorporación de especies nativas con valor paisajístico y no solo estético.

Escenario cultural inspirado en una **madriguera** con un diseño flexible, que funcione como un refugio cultural

Resiliencia a través de la descentralización, al generar un nuevo hito importante cultural, artístico y de valor turístico para la ciudad

Diseño de mobiliario multifuncional

Estructura de sombreado inspirada en hojas superpuestas y copas de árboles, en circulación.

Configuraciones espaciales que fomenten la vigilancia natural colectiva, inspiradas en la cooperación de bandadas o colmenas.

Planificación de áreas multifuncionales y distribuidas en distintos nodos, evitando depender de un solo espacio.

Barrera natural, para la disminución de ruido y contaminación de las pistas colindantes.

Identidad de lugar, a través de la implementación de piedras con un guiño a los petroglifos de miculla, para fomentar el turismo.

Uso de materiales locales disponibles para la construcción y mobiliarios.

Incorporación de estaciones de reciclaje

MAMEDA BOLOGNESI

QUINTA METRAU

COLEGIO SANTA MARIA



Vista de Zona de **Ferrocarril**



Vista de Zona de **Coberturas**



Vista de Zona de **Exposiciones**



Vista de Zona **Multiusos**



Vista de Zona de **Escenario**



Vista Aérea de Parque

Conclusión

La guía muestra cómo los principios biomiméticos pueden aplicarse al diseño urbano para responder a problemáticas locales y generar espacios sostenibles, resilientes e identitarios. Se busca que estas premisas sean replicables en otros parques de la ciudad, sirviendo como referencia para arquitectos, estudiantes y entidades responsables de la planificación urbana.

“Mira profundamente en la naturaleza y entonces comprenderás todo mejor.”

— Albert Einstein



Bibliografía

- Al-Kodmany, K. (2023). Greenery-Covered Tall Buildings: A Review. *Buildings*, 13(9), Article 9. <https://doi.org/10.3390/buildings13092362>
- Benyus, J. M. (with Internet Archive). (2002). *Biomimicry: Innovation inspired by nature*. New York : Perennial.
<http://archive.org/details/biomimicryinnova0000beny>
- Bielza, V. (1999). Desarrollo sostenible, turismo rural y parques culturales. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 25, 125–137.
<https://doi.org/10.18172/cig.1039>
- Chayaamor-Heil, N. (2023). From Bioinspiration to Biomimicry in Architecture: Opportunities and Challenges. *Encyclopedia*, 3(1), Article 1.
<https://doi.org/10.3390/encyclopedia3010014>
- Chiesura, A. (2004). The role of urban parks for the sustainable city. *Landscape and Urban Planning*, 68(1), 129–138.
<https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2003.08.003>
- Claggett, N., Surovek, A., Streeter, B., Nam, S., Bardunias, P., & Cetin, B. (2016). Biomimicry and locally responsive construction: Lessons from termite mounds for structural sustainability. In *Insights and Innovations in Structural Engineering, Mechanics and Computation*. CRC Press.
- Davey, M., Bellew, P., Er, K., Kwek, A., & Lim, J. (2010). Gardens by the Bay: High performance through design optimization and integration. *Intelligent Buildings International*, 2(2), 140–157. <https://doi.org/10.3763/inbi.2010.0029>
- Dicks, H. (2016). The Philosophy of Biomimicry. *Philosophy & Technology*, 29(3), 223–243. <https://doi.org/10.1007/s13347-015-0210-2>
- Ewing, R., Handy, S., Brownson, R. C., Clemente, O., & Winston, E. (2006). Identifying and Measuring Urban Design Qualities Related to Walkability. *Journal of Physical Activity and Health*, 3(s1), S223–S240.
<https://doi.org/10.1123/jpah.3.s1.s223>
- Fisch, M. (2017). The Nature of Biomimicry: Toward a Novel Technological Culture. *Science, Technology, & Human Values*, 42(5), 795–821.
<https://doi.org/10.1177/0162243916689599>
- Gamage, A., & Hyde, R. (2012). A model based on Biomimicry to enhance ecologically sustainable design. *Architectural Science Review*, 55(3), 224–235.
<https://doi.org/10.1080/00038628.2012.709406>
- Gehl, J., Svarre, B. B., & Risom, J. (2011). Cities for People. *Planning News*, 37(4), 6–8. <https://doi.org/10.3316/informit.133463268546373>
- Gosciniak, M., & Januszkiewicz, K. (2019). Architecture inspired by Nature. Human body in Santiago Calatrava's works. Sophisticated approach to architectural design. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 471(8), 082041. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/471/8/082041>

Bibliografía

- Grady, J. (1955). Nature and the Art Nouveau. *The Art Bulletin*, 37(3), 187–192. <https://doi.org/10.1080/00043079.1955.11408304>
- Imani, M. (2017). Bio-Inspired Design Approach Analysis: A Case Study of Antoni Gaudi and Santiago Calatrava. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1132046>
- Kennedy, B., Buikema, A., & Nagel, J. K. S. (2015). Integrating biology, design, and engineering for sustainable innovation. 2015 IEEE Integrated STEM Education Conference, 88–93. <https://doi.org/10.1109/ISECon.2015.7119952>
- Lynch, K. (1964). *The Image of the City*. MIT Press.
- Martínez, M. L. A., Seix, A. R., & Calderer, C. H. (2002). La restauración de los pabellones de entrada del Park Güell. *Informes de la Construcción*, 54(481–482), Article 481–482. <https://doi.org/10.3989/ic.2002.v54.i481-482.597>
- Mathews, F. (2011). Towards a Deeper Philosophy of Biomimicry. *Organization & Environment*. <http://www.freyamathews.net/downloads/Biomimicry.pdf>
- Montana Hoyos, C., & Fiorentino, C. (2016). Bio-utilization, Bio-inspiration, and Bio-affiliation in Design for Sustainability: Biotechnology, Biomimicry, and Biophilic Design. *The International Journal of Designed Objects*, 10(3), 1–18. <https://doi.org/10.18848/2325-1379/CGP/v10i03/1-18>
- Nora, P. (1997). *Les lieux de mémoire* (Vol. 3).
- Oguntona, O. A., & Aigbavboa, C. O. (2017). Biomimicry principles as evaluation criteria of sustainability in the construction industry. *Energy Procedia*, 142, 2491–2497. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.12.188>
- Oxman, N. (2010). Material-based design computation [Thesis, Massachusetts Institute of Technology]. <https://dspace.mit.edu/handle/1721.1/59192>
- Oxman, N., Laucks, J., Kayser, M., Gonzales, C., & Duro-Royo, J. (2013). Biological Computation for Digital Design and Fabrication: A biologically-informed finite element approach to structural performance and material optimization of robotically deposited fibre structures.
- Patel, S., & Mehta, K. (2011). Life's Principles as a Framework for Designing Successful Social Enterprises. *Journal of Social Entrepreneurship*, 2(2), 218–230. <https://doi.org/10.1080/19420676.2011.592407>
- Pedersen Zari, M. (2015). Ecosystem processes for biomimetic architectural and urban design. *Architectural Science Review*, 58(2), 106–119. <https://doi.org/10.1080/00038628.2014.968086>
- Rowland, R. (2017). Biomimicry step-by-step. *Bioinspired, Biomimetic and Nanobiomaterials*. <http://dx.doi.org/10.1680/jbibn.16.00019>
- Salas Mirat, C., Bedoya Frutos, C., & Adell Argilés, J. M. (2018). Antonio Gaudí, precursor de la sostenibilidad y la biomimética en la arquitectura, con 100 años de antelación. *ACE: Architecture, City and Environment*, 13(37), 71–98. <https://doi.org/10.5821/ace.13.37.5348>

Bibliografía

- Schopfer, J. (1903). L'Art Nouveau: An Argument and Defence. *The Craftsman*, 229-238.
- Silva, M., Alves, L. V., Clementino, T., & Arruda, A. (2023). Inspirations for More Sustainable Practices in Design: Potential of Biomimicry, Material Selection and 3D. *Ergonomics In Design*. *Ergonomics in Design*, 77, 40-49.
- Stevens, L., Kopnina, H., Mulder, K., & De Vries, M. (2021). Biomimicry design thinking education: A base-line exercise in preconceptions of biological analogies. *International Journal of Technology and Design Education*, 31(4), 797-814. <https://doi.org/10.1007/s10798-020-09574-1>
- Stevens, L. L., Fehler, M., Bidwell, D., Singhal, A., & Baumeister, D. (2022). Building from the Bottom Up: A Closer Look into the Teaching and Learning of Life's Principles in Biomimicry Design Thinking Courses. *Biomimetics*, 7(1), Article 1. <https://doi.org/10.3390/biomimetics7010025>
- Turner, S., & Soar, R. (2013). Beyond biomimicry: What termites can tell us about realizing the living building. *SUSTAINABLE CONSTRUCTION*.
- Uchiyama, Y., Blanco, E., & Kohsaka, R. (2020). Application of Biomimetics to Architectural and Urban Design: A Review across Scales. *Sustainability*, 12(23), Article 23. <https://doi.org/10.3390/su12239813>
- UNESCO. (2011). Recomendación sobre el paisaje urbano histórico. In *Actas de la Conferencia General de la Unesco. Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura*.
- Vendetti, M. S., Matlen, B. J., Richland, L. E., & Bunge, S. A. (2015). Analogical Reasoning in the Classroom: Insights From Cognitive Science. *Mind, Brain, and Education*, 9(2), 100-106. <https://doi.org/10.1111/mbe.12080>
- Vertical ForestING. (s/f). Stefano Boeri Architetti. Recuperado el 13 de julio de 2025, de <https://www.stefanoboeriarchitetti.net/en/vertical-foresting/>
- Zhang, T. (2024). Biologically-Inspired Design in Engineering: Current Perspective on Biomimicry Applications. 637-645. https://doi.org/10.2991/978-94-6463-518-8_61

