BASES PARA UNA EVALUACIÓN DE LA ARQUITECTURA SOSTENIBLE

Arq. Carlos Cornejo Cárdenas

MSc en Arquitectura, East London University Arquitecto, Universidad Ricardo Palma
Docente investigador de la Universidad de Ciencias y Artes de América Latina- UCAL
Arq.cornejo@gmail.com

RESUMEN

Este artículo sobre la evaluación de arquitectura sostenible tiene como objetivo valorar las oportunidades técnicas para la mejora de los edificios existentes y optimizar los procesos de diseño a partir de observar la posibilidad de generar una base de evaluación. De esta manera, se focaliza en las llaves de las emisiones de CO^2 de los edificios existentes e identificando para cada tipo los diferentes grados de potencial uso de conceptos sostenibles en futuros proyectos. El diseño metodológico es a partir de tres casos de estudio, que son edificios ganadores de la Bienal de arquitectura en el Perú, en diferentes años, localizados en los departamentos de Lima y Chiclayo. Estos edificios son representativos de diferentes tipologías como, vivienda, museo y hospedaje.

Para el análisis de estos edificios tomaremos en cuenta la performance de ellos en relación a la aplicación de una matriz de sostenibilidad sistémica como parte de la metodología de evaluación cualitativa de arquitectura sostenible.

La discusión final trata de establecer esas áreas que son comunes entre estos edificios así como de las divergencias en el desarrollo de las distintas tipologías de edificios, y presentar la información de estrategias sostenibles de las intervenciones apropiadas de estos edificios. A través del detallado análisis cualitativo veremos que sucede dentro de estos casos y recogeremos una serie de coherentes soluciones para diferentes acciones de diseño. Las estrategias de 'diseño pasivo' serán especialmente las recomendadas y su implementación es hallada para ser efectiva tanto en cómo se relacionan con medidas que se adapten y en como proveen a los ocupantes el control de sus condiciones de confort.

Palabras claves: *Emisiones Gases Efecto Invernadero, Arquitectura sostenible, Eficiencia energética, Herramientas de Evaluación, Sostenibilidad.*

ABSTRACT

This paper on the evaluation of sustainable architecture aims to evaluate the technical opportunities for the improvement of existing buildings and optimize the design processes based on observing with the possibility of generating a basis for evaluation. In this way, it focuses on the keys of the CO^2 emissions of existing buildings and identifying for each type the different degrees of potential use of sustainable concepts in future projects. The methodological design is based on three case studies, which are winning buildings of the Biennial of architecture in Peru, in different years, located in the departments of Lima and Chiclayo. These buildings are representative of different typologies such as housing, museum and lodging.

For the analysis of these buildings we will take into account their performance in relation to the application of a 'matriz de sostenibilidad sistemica' as part of the qualitative evaluation methodology of sustainable architecture.

The final discussion seeks to establish those areas that are common between these buildings as well as divergences in the development of different types of buildings and to present information on sustainable strategies for appropriate interventions of these buildings. Through the detailed qualitative analysis we will see what happens within these cases and we will collect a series of coherent solutions for different design actions. The 'passive design' strategies will be especially recommended and their implementation is found to be effective both as they relate to measures that are adapted and in how they provide the occupants with control of their comfort conditions.

Keywords: *Greenhouse Gas Emissions, Sustainable Architecture, Energy Efficiency, Assessment Tools, Sustainability.*

INTRODUCCIÓN

Panorama General

Con los nuevos compromisos del Estado Peruano en la COP^20 relacionados con el Cambio Climático y los Gases de Efecto Invernadero (GEI), se ha iniciado una ambiciosa tarea de reducir las emisiones de CO^2 dentro de la Estrategia Nacional ante el Cambio Climático. El ambiente construido cuenta con alrededor del 45% de las emisiones de carbón, donde el 17% es atribuido a edificios no domésticos. Aunque es ampliamente conocido que la performance de los nuevos edificios es mucho mejor que los existentes considerando

la variable medioambiental. Es crucial para encontrar mejores caminos, reducir las emisiones, mejorar los costos y sobre todo reducir el consumo de energía de los futuros edificios y de los actuales aprender lo que hemos venido haciendo en el Perú.

Las emisiones de carbono relacionadas con el consumo de energía que requieren los edificios son significativas. Para hacer frente a este problema en un enfoque integral de diseño, se toma como objetivo reducir la demanda energética de un edificio a través de una evaluación de los resultados de las diversas medidas de eficiencia energética durante la fase de diseño. (Reinhart, 2001).

Tradicionalmente, las cifras de consumo de un país han sido determinadas por el nivel de vida, las tasas de crecimiento económico y los precios de la energía. Pero esos niveles de emisión pueden ser a partir de la producción económica y, hasta cierto punto, de las condiciones climáticas. Si se fomentan las prácticas más sostenibles de construcción, las futuras emisiones de carbono podrían caer muy por debajo de los niveles actuales. (Reinhart, 2001).

Teniendo en cuenta el impacto del cambio climático y la necesidad de cumplir con los objetivos de reducción de CO2 y ahorro energético, es decisivo que la eficiencia energética de los edificios se mejore así como, es forzoso que las herramientas de diseño que se utilicen lleven a cabo una 'ejecución' que pueda servir de base e ir elaborándose a través de una matriz.

Básicamente, hay tres temas de diseño que son utilizados por los arquitectos y diseñadores de arquitectura sostenible. El primero, es el relacionado al clima que esta alrededor de los edificios, en tanto también, a los microclimas que se generan. Por ello, la información climática permite un orden al momento de diseñar lo que es apropiado para un sitio, y de esta manera el clima de ese sitio necesita de ser estudiado y enunciado (Mac Mullan, 2007). El segundo tema, está relacionado con los procedimientos y los materiales con el cual se construye el edificio. Muchos de los materiales utilizados están de manera abundante en el sitio y debemos reconocer el 'ciclo de vida de los materiales'. Si son correctamente manejados, ellos deberían ser materiales disponibles para la construcción en el futuro (Mac Mullan, 2007). El tercer tema, está relacionado con el ahorro energético, pensando con ello en la reducción de Gases Efecto invernadero (GEI) además de mejorar la calidad de vida de las personas.

Sin embargo en el Perú, el Código Técnico de Construcción Sostenible - CTCS elaborado por el Ministerio de Vivienda y Construcción (2015), es una norma de criterios técnicos para el diseño y construcción de edificación sostenible pero su aplicación es opcional. Este código de diseño es reciente y está algo ausente de los nuevos proyectos para el ahorro de energía ya que sólo se utiliza de manera tangencial, además de que se necesita revelar cuales son los alcances de lo requerido para alcanzar estándares de nivel internacional como sucede con otras metodologías de evaluación y certificación como LEED o BREEAM. Entre los temas que forman parte del CTCS son: confort térmico, confort lumínico, ahorro de agua y electricidad, además del uso de energías renovables como la solar y el viento, entre otros.

En este marco, el objetivo de esta investigación es brindar información sobre aquellos procesos básicos que permiten elaborar una línea base para la arquitectura sostenible en el Perú, considerando el cambio que significa dentro del proceso diseño arquitectónico. Para ello, llevamos a cabo el análisis de tres casos de estudio. Se trata de investigar la actuación de los arquitectos en el proceso de diseño y el impacto en los tres temas centrales que abarca la sostenibilidad. Estos tres temas están dentro de lo medioambiental, lo económico y lo social.

Por ello, nos preguntamos ¿qué ventajas aparecen en las soluciones de diseño dentro de la arquitectura sostenible? Como resultado de responder, obtendremos los parámetros necesarios que se pueden extraer para ver si el rendimiento de la arquitectura sostenible y como se logran buenos niveles de eficiencia. También, referirnos a que factores afectan las diferencias o similitudes en los resultados. Asimismo, si estas herramientas de diseño sostenible se pueden mostrar como algo práctico, eficaz y que tanto pueden crear soluciones para ayudar a proteger y reducir el uso de energía.

El estudio utiliza una metodología de investigación para observar las ventajas y desventajas desde una matriz donde se analiza los casos de estudio referidos a obras de arquitectura ganadoras de los premios de las últimas bienales de arquitectura. Estas obras ganadoras hemos visto que dentro del discurso que establecen al presentar su obra mencionan una serie de conceptos importantes de la sostenibilidad y en esto radica su elección. Los casos de estudio son los proyectos de:

1. Hospedaje rural "Los Horcones" de Túcume (HoLoH) - Lambayeque - Arq. Rossana Correa, y Jorge Burga. Premio Bienal 2002.
2. Casa Pachacámac (CAPACH) - Lima - Arq. Luis Longhi. Premio Bienal 2010.
3. Lugar de la Memoria, la Tolerancia y la Inclusión Social (LUM) - Lima - Arq. Sandra Barclay, Arq. Jean Pierre Crousse. Premio Bienal 2014.

Dos estrategias participan dentro del análisis en cada caso de estudio que fueron seleccionados y evaluados. La primera es cualitativa, que se desarrolla utilizando el uso de la "descripción y la imagen", y la segunda es obteniendo las opiniones de cada uno de los arquitectos a través de la entrevista o de sus escritos en revistas o libros sobre las obras seleccionadas.

Esta información tiene relevancia dentro del proceso de diseño para los arquitectos, diseñadores de interiores y diseñadores urbanos y de gran notabilidad para el estudio de la arquitectura sostenible en el Perú. Así que la elección de este tema, va dirigido a los aspectos que permiten mejorar la gestión y el desarrollo de las herramientas de arquitectura sostenible en la primera fase del proceso de diseño.

Sobre la definición de arquitectura sostenible
El cambio climático y los edificios

El efecto invernadero es un fenómeno muy simple **(Ver Figura 1).** Es la radiación que proviene del sol y se caracteriza por un alto contenido energético y una longitud de onda corta (1). A medida que se pierde, se absorbe (2) y se irradia de vuelta (3). La radiación re-irradiada se caracteriza por un menor contenido de energía y una mayor longitud de onda (4). Como la transparencia óptica de la atmósfera es más alta para la radiación de onda corta que para la radiación de onda larga, parte de la radiación irradiada es retenida dentro de la atmósfera (5). Este es un hecho afortunado ya que hace que la temperatura del aire en la Tierra sea mayor que la temperatura del universo y proporciona condiciones adecuadas para la aparición y el mantenimiento de la vida (Jankovic, 2012).

El cambio climático, es la variación del clima que es atribuido a las actividades humanas de manera directa o indirecta y como estas modifican la composición de la atmósfera mundial añadiéndose la variabilidad del clima por el efecto de exceso de los Gases de Efecto Invernadero (GEI). (Jankovic, 2012).

Sostenibilidad y diseño

Se puede mostrar que el crecimiento del consumo de energía eléctrica desde principios de 1970 fue provocada por el aumento del uso de diferentes tecnologías electrónicas; y casi se ha mantenido su proporción de consumo en la última década, pero con un ligero descenso (Bryan et al, 2011).

Según el Asociación Española para la Calidad (2006) indica que casi el 90% del tiempo lo pasamos en los interiores de los edificios (viviendas, colegios, oficinas, etc.) y las edificaciones son responsables del:

- 36% del uso total de la energía.
- 65% del consumo de electricidad.
- 30% de las emisiones de GEI.
- 30% del uso de materias primas.
- 30% de los residuos.
- 12% del uso del agua potable.

También se identifica que según el Balance Nacional de Energía del Perú, el 45.1% de la energía eléctrica consumida es en el sector residencial comercial y público **(Ver Figura 2)**. Siendo el sector que sigue el industrial con 26.7%. (MINEM, 2009).

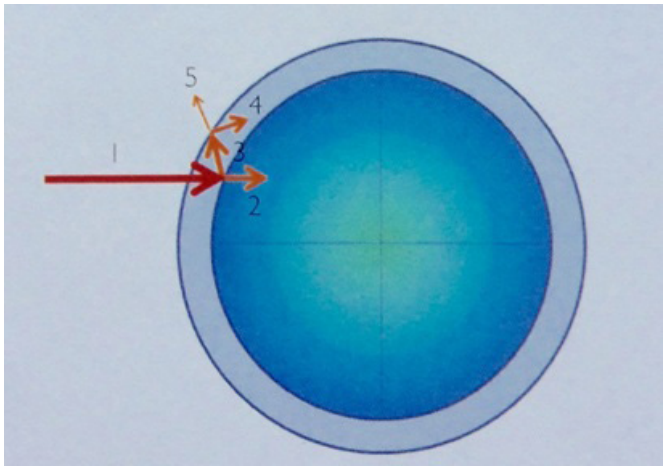

Figura 1. El efecto invernadero.
Fuente: Jankovic, p.39, 2012

Sobre ello, tanto Edwards (2009) y la Junta de Estrategia Tecnología (TSB, 2009) indican que la relación entre las emisiones de CO^2 y el rendimiento energético de los edificios están estrechamente vinculados. La Junta de Estrategia Tecnológica de Reino Unido afirma que si no se mejora drásticamente la influencia ambiental de los edificios, será difícil que se vaya a cumplir los objetivos de reducción de GEI. (TSB, 2009).

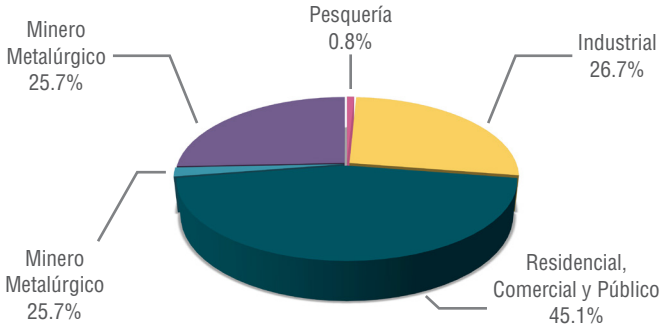

Figura 2. Resumen de Consumo Energético 2009.
Fuente: Balance Nacional de Energía 2009. (MINEM, 2014)

Por otra parte, el Grupo de Coordinación e Innovación sobre Bajo Carbono (LCICG) predice que para el año 2050, la superficie de suelo habrá aumentado de 35 a 60% de los edificios existentes (2012). De esta manera, con estos datos, es imperativo que las innovaciones se produzcan en el proceso de diseño y la construcción integrada con el fin de entregar los más valiosos ahorros de los GEI y con ello contrarrestar el avance del cambio climático. El objetivo de un enfoque de diseño sostenible integral es recomendar la utilización de herramientas de modelado de energía simplificado para su aplicación en nuevos proyectos de construcción y renovación, con la incorporación de los datos de rendimiento de la construcción. Asimismo, en Reino Unido, el Grupo de Coordinación e Innovación sobre Bajo Carbono (LCICG, 2012) afirma que las medidas innovadoras sobre un diseño integral sostenible en arquitectura, son adicionales a las medidas comerciales existentes y las innovaciones de diseño integrados. Esto incluye el modelado de simulación dinámica del edificio y el uso de herramientas de software con información climática (v.g. con la información climática de 2050) que pueden ser más precisas y más rápidas, con el fin de minimizar la necesidad de

energía para servicios de construcción promoviendo un diseño pasivo de las fuentes de energía como la solar o la del viento, entre otras. Además, las herramientas y los servicios de diseño podrían ser más apropiados entre la intención real del diseño y el rendimiento mediante la concentración de información sobre edificios de diseño sostenible en una base de datos para la debida retroalimentación de los edificios operativos y así como, por la mejora de la gran variedad de nuevos diseños a futuro.

Por lo tanto, el diseño sostenible integral tiene la capacidad de desarrollar herramientas para la mejora de las técnicas de uso de energía y calidad de vida (LCICG, 2012). Las nuevas herramientas de diseño son anheladas para ayudar a los diseñadores a pronosticar cómo se opera dentro de los edificios y esto puede servir de apoyo a diferenciar de lo que se lleva a cabo actualmente. (TSB, 2009)

La investigación de diseño sostenible y la toma de decisiones con herramientas actuales han demostrado que el impacto de estas decisiones conduce a que los diseñadores solucionen los problemas a partir de hacer predicciones sobre el rendimiento y el costo de la construcción - de costes, finanzas y la cantidad de emisiones de carbono. Sin embargo, los profesionales del diseño trabajan de diferentes maneras - a través de bocetos, maquetas, planos y representaciones en 3D y analíticamente - aunque se mantienen diferentes requisitos para representar y comunicar la evolución del Diseño, tratando dentro de un sistema complejo que le permita alcanzar los más altos niveles de estándar (TSB, 2009).

Lo que se puede observar también, es que las herramientas actuales sólo se refieren a las necesidades de un edificio o de una etapa específica del proceso de diseño, siendo muy pobre el apoyo en la fase de diseño inicial particularmente, por lo que se hace difícil incorporar el aprendizaje a partir de los resultados de diseño en proyectos posteriores (TSB, 2009).

En conclusión, la idea de un diseño sostenible integral es mejor, sobre todo en las etapas conceptuales iniciales, ya que se recuperará el diseño de edificios, en la combinación a través de ciertas regulaciones o matrices. Estas observaciones que se tengan sobre las decisiones de diseño mejorará la comprensión de la relación entre diseño sostenible y el impacto ambiental que estos tengan en la ciudad (TSB, 2009).

Desarrollo sostenible y arquitectura

Cuando nosotros observamos el impacto medioambiental que tienen los edificios, esto debería ser un tema importante dentro del quehacer y hacernos la pregunta de si deberíamos continuar en seguir los mismos métodos de diseño de décadas anteriores considerando la responsabilidad que ello concierne con el mundo que dejaremos al futuro. Las escuelas y facultades de arquitectura en el Perú tienen una gran responsabilidad al respecto, y a esto se agrega los pocos especialistas en investigación de esta materia.

Nuestras vidas van en relación a los edificios y en base a la energía que estos requieren para habitarlos ahora y en el futuro. Por otro lado, el diseño de un edificio definitivamente creará problemas medioambientales para las próximas generaciones a menos que nosotros consideremos el buen uso de los recursos. El desarrollo sostenible como se ha mencionado 'tiene como objetivo satisfacer las necesidades del presente sin comprometer las necesidades del futuro'. **(Ver Figura 3)**.

En ese contexto los objetivos generales del edificio sostenible son:

- Mejorar la calidad de nuestras vidas.
- Aceptar a otras personas y las futuras generaciones.
- Causar un daño mínimo al medio ambiente y sus recursos. (Mc Mullan, p.288, 2007).

Hacia una definición de arquitectura sostenible

Como arquitectos a menudo es demasiado tentador ver el diseño de arquitectura sostenible como un concepto que inicie y finalice en algo tan limitado como el sistema de calificación LEED que se desarrolla en nuestro medio por el Green Building Council - Consejo Peruano de Construcción Sostenible y que es utilizado por organizaciones públicas y privadas tanto en Perú como internacionalmente.

Históricamente, desde Rachel Carson y su libro 'Primavera silenciosa' (1962) y luego la posterior crisis energética de los años 70, han habido varios intentos de proporcionar una definición aceptable a nivel mundial sobre la sostenibilidad. En

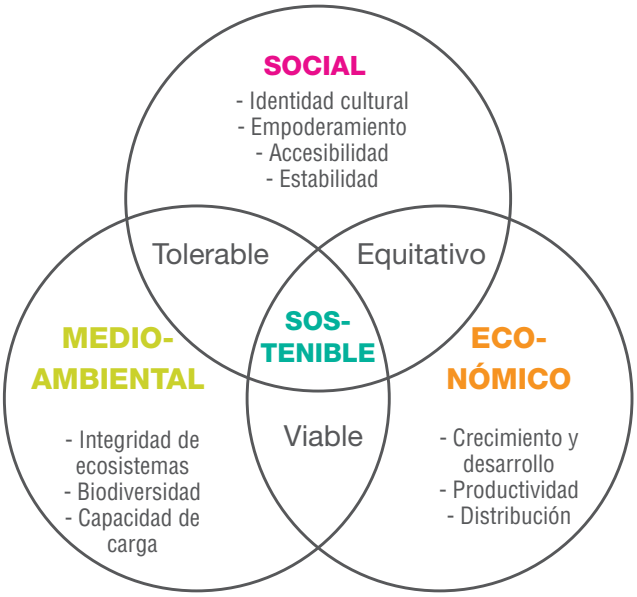

Figura 3. Esquema de los tres conjuntos del desarrollo sostenible. Fuente: Wieser, 2008

1987, el Informe de la Comisión Brundtland de las Naciones Unidas presentó una definición de sostenibilidad que desde entonces ha sido ampliamente en uso en la arquitectura:

Menciona 'que satisface las necesidades de la sociedad contemporánea, sin negar las generaciones futuras de la capacidad de satisfacer sus necesidades' y está ligada al concepto de desarrollo sostenible. Incluso hoy en día, la gente de casi todos los campos de la investigación se han basado en esta definición, independientemente de sus limitaciones.

A partir de esta idea de sostenibilidad aparecen conceptos en el Perú, como el de Construcción sostenible, que se refiere a una construcción con enfoque de sostenibilidad ambiental. Y sobre ello, la descripción ISO menciona que la construcción sostenible obtiene un reducido impacto ecológico mejorando el desarrollo económico, social y cultural, en tanto localmente, como regional y global. Hay diferencias en los conceptos de Construcción Sostenible, Edificaciones Sostenibles y Urbanismo Sostenible. 'El primero refiere al proceso constructivo en si mismo, el segundo al uso propiamente dicho de la edificación y el tercero al entorno en el que se ubica la edificación' (Miranda, Neira, Torres, Valdivia, 2014).

Un tiempo antes, en el Reino Unido, Brian Edwards había escrito un libro sobre sostenibilidad dirigido a arquitectos y diseñadores, publicado por el Royal Institute of British Architects (RIBA), que enlaza sobre la definición de la sostenibilidad (Edwards, 2009). La arquitectura sostenible menciona Edwards, que está ligada a la definición Brundtland haciendo énfasis sobre los límites de la 'capacidad máxima' del planeta, y la definición de la construcción sostenible como 'la creación y gestión de edificios saludables basados en un eficiente manejo de recursos y principios ecológicos'. Edwards (2009) argumenta que gran parte del diseño sostenible tiene que ver con la conservación de la energía, aunque reconoce asimismo que también se trata de 'creación de espacios que son saludables, económicamente viables y sensibles a las necesidades locales'. Sin embargo, su libro tiene poco que decir acerca de los problemas sociales y políticos más amplios que este libro examina, y se centra casi exclusivamente en la eficiencia de los recursos. Edwards, por ejemplo, señala que el 50% de todos los recursos que se consumen en todo el planeta se utilizan en la construcción, por lo que se trata de la industria menos sostenible en el mundo (Edwards, 2009).

Garzón (2010), nos presenta otra manera de establecer la definición y es a partir del conocimiento de los modelos culturales, las creaciones metodológicas arquitectónicas y el uso razonado de los recursos naturales, además de la cooperación de los actores involucrados como un aporte a la arquitectura sostenible.

Miranda et al. (2014) explica en detalle sobre los beneficios de la Construcción Sostenible y mencionan que comprenden etapas que van desde el diseño pasivo hasta los procesos de urbanización y socialización en la ciudad.

La situación actual exige una reorientación rápida y fundamental en nuestro pensamiento. Especialmente en la parte del diseño sostenible en la arquitectura y la planificación urbana. Se recomienda por todos un nuevo enfoque holístico, que permita encontrar herramientas de evaluación integrales.

Como se aprecia, hay dos formas predominantes en el discurso de la sostenibilidad en arquitectura. Uno de ellos, sobre el modelo de los 3 soportes como lo económico, lo social y el medio ambiente, más conocido como el triple línea de fondo, y el otro, es un punto de inflexión de la construcción de sistemas de evaluación comparativa sostenible como son las técnicas de análisis de arquitectura sostenible con certificación internacional LEED[1], BREEAM[2], etc., ofreciendo listas de mejores prácticas de la industria.

Aunque derivados de la experiencia local, se basan en la generalización o la estandarización de los enfoques de diseño sostenible, lo que les permite ser de aplicación universal. En muchos casos las condiciones locales tienden a ser vistos como obstáculos y no como oportunidades en la aplicación de las mejores prácticas universales, como sucede por ejemplo, en una construcción de muros de adobe o tapial y que puede tener un sistema pasivo de ahorro energético mediante el uso de muros trombe y aprovecha la ganancia de su capacidad térmica pero esto no puede ser registrado por estos sistemas de análisis y medición de arquitectura sostenible mundial. (Edwards, 2009).

La gran pregunta es, entonces, ¿cómo combinar los esfuerzos cualitativos y cuantitativos desde la arquitectura sostenible en el Perú con el fin de llegar a una solución factible para lograr un buen compromiso?

Sobre la importancia de evaluar la arquitectura sostenible

Por otro lado, la sostenibilidad en la construcción de edificios, se ha estado analizando y midiendo desde la eficiencia energética y los GEI utilizando herramientas como el Análisis de Ciclo de Vida y la eficiencia energética de la ISO (Organización Internacional de Normalización, ISO 14040/44, ISO TC 59 / SC, o ISO 17 / W64) donde incluye a 158 países miembros. En el caso de Reino Unido con BREEAM, DNGB en Alemania, CSTB en Francia, CASBEE en Japón, la estrella verde en Australia, Etiqueta Chinas verde del edificio, UEA en Dubai, y Energy Star o USGBC LEED en los EE.UU., estos son algunos de los cuales también están unidos bajo el paraguas del Consejo de Construcción Verde - Mundial (WGBC).

1 Leadership in Energy and Environmental Design (LEED), es un sistema de certificación de edificios sostenibles elaborado en Estados Unidos de Norteamérica que se ha venido utilizando desde 1993.
2 Building Research Establishment Environmental Assessment Method (BREEAM), este fué el primer sistema de medición elaborado en Reino Unido y utilizado desde 1990.

El inconveniente surge cuando analizamos la arquitectura sostenible dentro de estos parámetros utilizados que se establecen para medir el rendimiento energético del edificio en funcionamiento y son generalmente según la intensidad energética = kWh / m^2 / año o la intensidad de carbono = $kgCO^2e$ / m^2 / año. En general, estos sistemas de evaluación solo aplican las herramientas de medida de eficiencia energética y de carbono. Además que se utilizan en el inventario específico de las tipologías de construcción, que se basan en las zonas climáticas específicas para estudios posteriores (y predictivos) así como, la ocupación utilizando los datos de uso de energía real. (Guy, S. & Moore, S.A., 2005).

Los métodos más sostenibles necesarios para incluir, pesar y medir un suministro adecuado a las necesidades básicas pueden conducir al diseño y construcción de refugios y comunidades más eficientes. Cuando estas necesidades básicas son satisfechas, la gente puede buscar lo que Maslow llama *las necesidades de estima* [3] y este concepto se relaciona con ideas como modelos culturales que generan identidad, entre otros, como nos menciona Garzón.

Sin embargo, estas características cualitativas son a menudo adquiridas de manera no sostenible. Además de la insuficiente disponibilidad de la tecnología y la política desde el Gobierno para la construcción de edificios sostenibles en Perú. Así mismo, la acumulación de información, monitoreo, y el comportamiento social que puede ir en la dirección equivocada de las necesidades de estima y que cada uno se convierte en una razón para el aumento de las emisiones de GEI y un impacto ambiental negativo para el sector mundial de la construcción.

Estrategia de investigación

Inicialmente, la investigación prevista era únicamente para examinar unas obras de arquitectura sostenible, y se hizo evidente que, además de observar el funcionamiento de llevar cabo la plasmación de conceptos de arquitectura sostenible, observamos el método mismo de proyectar como una variable fundamental que afecta al comportamiento y el uso de los conceptos de la sostenibilidad. De la misma manera, había poca lógica en la aplicación de una orientación interpretativa sin los datos "más fuertes" para interpretar y añadir activamente (Bryman, 2012).

Sin embargo, usando un enfoque de principio inductivo donde la información obtenida desde la entrevista o información explícita de los arquitectos en revistas o documentos sobre la opinión del jurado del porqué fueron premiadas estas obras de arquitectura se podría apoyar aún más los resultados de la investigación existente y generar otros nuevos aportes.

Consideraciones

El ítem 1, está basado en el uso y análisis de una matriz de valoración cualitativa de la sustentabilidad sistémica planteado desde un ejercicio de síntesis para un diseño ambientalmente sustentable elaborada por Castillo, C. & del Castillo, M. (2015). Donde además mediante el uso de conceptos teóricos, razones temáticas, valoración cualitativa, estrategias de proyecto y ejemplos prácticos se genera un acercamiento creciente y lineal dentro de una visión holística.

El ítem 2 es, sobre cómo construir un "orden" para recolectar la opinión de los arquitectos de los casos de estudio, y se produce una lectura crítica sobre cada una de las obras. Este proceso se realiza a partir del libro de Françoise Jourda (2014) donde propone una serie de preguntas y como enseñar un proyecto de arquitectura sostenible. En dicho libro menciona que se trata de construir una comprensión del carácter limitado de los recursos del planeta y como generar a partir de ello un cambio tecnológico y cultural.

Este libro se divide en 5 capítulos y contiene 69 preguntas, todas en relación a los ámbitos de la sostenibilidad en un proyecto arquitectónico. Así que utilizamos estos cuestionamientos para profundizar en la obtención de información.

La intención del estudio es encontrar algunos factores de sostenibilidad que influyen en el comportamiento dentro del medio ambiente y que se habían detectado en las visitas a los edificios o dentro de la obtención de la información escrita.

Sin embargo, hace falta tomar contacto inicial con los arquitectos encargados del proyecto y estar en acuerdo con lo que puede ser una entrevista parcial desde lo que significa mirar la obra con la distancia del tiempo y la experiencia realizada. Por lo tanto, se trata de descubrir otros factores cualitativos tales como las apreciaciones intuitivas en relación al entorno construido, el paisaje y la influencia que tiene sobre el bienestar de los habitantes y como estos deberían tomarse en cuenta. El centro de esta investigación es acerca de la comparación entre los edificios y la construcción de la línea de base con el estudio de cada caso.

La comparación como estrategia

La inspiración para esta metodología es una exploración sobre la enseñanza de la sostenibilidad como eje transversal de los estudios de las facultades de arquitectura. Esta establece una serie de parámetros y los resultados de un modelo con

3 Las necesidades de estima según Abraham Maslow, se trata de la valoración de la autoestima, del respeto de los demás, la necesidad de estatus, reconocimiento, apreciación. Así como también, del respeto por uno mismo incluyendo sentimientos tales como la confianza, competencia, logros, independencia y libertad.

el fin de implantar el mejor nivel de sostenibilidad según las competencias que van desarrollando a lo largo de la formación de arquitecto. (Educate, 2012).

Otras consideraciones han sido expuestas en el libro de Garzón (2010) y se refiere a una comparación entre los diferentes casos de estudio. Esta comparación se llevó a cabo con el fin de establecer diferentes aspectos de la arquitectura sostenible y revisar las características de la eficiencia energética entre otros aspectos. Mediante el libro de Garzón se valida la investigación y las herramientas de diseño sostenible, pero en nuestra investigación se ha decidido ir un paso más allá y comparar las herramientas de diseño frente a otros resultados de orden económico y social.

Diferentes libros sobre metodologías sobre el diseño sostenible que se han utilizado incluyen Jankovic (2012), Baker y Steemers (1999), Bodart y De Herde (2006) y Evans (1981) que presentan la idea de la metodología de comparación entre diferentes herramientas de diseño y eficiencia energética.

Sobre los casos de estudio

El punto principal es encontrar edificios representativos y reconocidos sobre una práctica de arquitectura sostenible. El primer acercamiento fue por el interés de la calidad arquitectónica y considerándose que estos habían sido ganadores de premios Nacionales de arquitectura en el Perú. Por otro lado, se obtiene un rango de estar dentro de los últimos 20 años, sin embargo, otro elemento como la eficiencia energética y su relación entre lo social y lo económico son factores importantes que se han tratado de observar en esta investigación.

Se trata de obras de arquitectura, que han logrado el más alto nivel de premiación y están construidas. Igualmente se menciona de la importancia del discurso de sus arquitectos, diseñadores y el uso de diferentes elementos de diseño como por ejemplo, el método o sistema constructivo, y la influencia de los diferentes temas relacionados al proyecto. La predicción de ahorro en las diferentes estrategias es un dato importante y la diferencia frente a un edificio convencional. El centro del análisis es la construcción del valor académico en observar lo que representa el desarrollo del diseño sostenible de manera intuitiva, siendo esto una clave para esta investigación.

En el estudio de los casos de estudio se debe tener en cuenta:

1. Servir como base para la comparación entre las herramientas de diseño sostenible.
2. Entender la integración de herramientas de diseño sostenible desde de la fase de pre-diseño de un edificio.
3. Búsqueda de las herramientas de diseño sostenible para ver que el ahorro energético y el confort están presentes en el caso de estudio.

Por lo tanto, la metodología de la presente investigación se basa en dos elementos:

a. Cuantitativa, se refiere en general a resultados en el número de análisis, describiendo ejemplos - y se analizan estadísticamente.
b. Cualitativa, es lo que da lugar a superioridad y hallazgos - y se analizan textos.

El punto fundamental de la estructura del método es la observación estructurada:

- Directa, desde una visita a las obras, entrevistas y análisis.
- Indirecta a partir de la lectura de libros, planos, y críticas de la arquitectura sostenible.

Visión de los instrumentos de evaluación ambiental

Teniendo en cuenta el impacto del cambio climático y la necesidad de cumplir con los objetivos de reducción de CO^2, es crucial que la eficiencia energética de los edificios se mejore. Para cumplir con los objetivos de ahorro de energético, es necesario que las herramientas de diseño que se utilicen puedan realizarse de manera precisa a través de un orden. (Edwards, 2009)

Básicamente, Mc Mullan (2007) menciona que hay tres temas que son utilizados por los arquitectos y diseñadores de arquitectura sostenible.

El primero, relacionado al clima que se encuentra alrededor de la evaluación de los edificios, en tanto también a los microclimas que se generan. Por ello la información climática permite un orden al momento de diseñar lo que es apropiado para este lugar, y es el clima de ese sitio que necesita de ser estudiado y enunciado.

El segundo tema, está relacionado con las actividades y los materiales con el cual se construye el edificio. Muchos de los materiales utilizados están de manera abundante en el lugar y debemos reconocer el 'ciclo de vida de los materiales'. Si son correctamente manejados, ellos deberían ser materiales disponibles para la construcción en el futuro. **(Ver Figura 4)**.

Y el tercer tema, está relacionado con el ahorro energético, pensando con ello en la reducción de Gases Efecto invernadero (GEI) o la huella de carbono todo ello para mejorar la calidad de vida de las personas.

Asimismo, Cornejo (2016) menciona en el artículo "Sostenibilidad, Arquitectura y Evaluación" que hay diferentes ángulos de las instrumentos de evaluación ambiental desde el Código Técnico de Construcción Sostenible - CTS Perú. De la misma manera los requisitos técnicos se refieren esencialmente en cumplir con la Norma Técnica peruana EM.110 "Confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética", donde se toma en cuenta:

- Zonificación Bioclimática del Perú.
- Transmitancias térmicas máximas de los elementos constructivos de la edificación.
- Productos de construcción.

El Análisis del Ciclo de Vida de los Materiales - ACV presenta un modo sostenible de todas las etapas del edificio desde la materia prima hasta la fase posterior a la construcción, las metodologías de evaluación y certificación como BREEAM y LEED, reconocidas internacionalmente. Por último, la matriz sistémica de la sustentabilidad - MASS que es una estructura de calificación cualitativa de la arquitectura sostenible.

Lo interesante es como se aprecia en la tabla 1, es que ha servido de base para diseñar una matriz cualitativa de sustentabilidad y esta matriz bosqueja un ejercicio de síntesis para un diseño ambientalmente sostenible a través de elementos, temas, criterios, valoraciones cualitativas, estrategias de proyecto y ejemplos prácticos. Se trata de una aproximación circular, y progresiva, para un desempeño que lo entendemos de una manera integral. (Castillo & Del Castillo, 2015). **(Ver Tabla 1)**.

La matriz ambiental fue la base de la matriz de sustentabilidad sistémica (MASS). La primera se organiza a partir de cinco elementos: Tierra, Agua, Aire, Energía y Vida. Cada elemento incluye dos temas básicos y cada tema es definido, a la vez, por otros dos criterios de sostenibilidad. Se propone entonces una valoración cualitativa de cada criterio en una gradiente proporcional con cuatro condiciones de desempeño. De acuerdo a ellos, se establece el desempeño exhibido por cada proyecto de pequeña, intermedia o gran escala estudiado de arquitectura, urbanismo o paisaje. Así, esta matriz plantea una lectura circular de valoración cualitativa de criterios de sostenibilidad. (Castillo & Del Castillo, 2015).

Con esta base la MASS se puede decir, que instrumentaliza el diseño de arquitectura (urbanismo + paisaje) ya que, plantea una lectura organizada, que va desde un interior teórico (elementos) hacia un exterior práctico (ejemplos). La MASS (tabla 1), visualiza de manera creciente las cualidades de la dimensión Ambiental (Tierra, Agua, Aire, Energía y Vida), Social (Cohesión y Movilidad) y Económica (Conectividad y Eficiencia) de un proyecto de arquitectura determinado.

Figura 4. Esquema del flujo de recursos a través del edificio.
Fuente: Wieser, 2008.

El desarrollo de las observaciones de los diferentes temas que plantea la MASS son tres áreas:

A. Sustentabilidad Ambiental:
Elemento TIERRA.
Elemento AGUA.
Elemento AIRE.
Elemento ENERGIA.
Elemento VIDA.

B. Sustentabilidad Social:
Elemento COHESION.
Elemento MOVILIDAD.

C. Sustentabilidad Económica:
Elemento CONECTIVIDAD.
Elemento EFICIENCIA.

Lo que se puede apreciar LEED y BREEAM son sistemas de puntuación de sostenibilidad y como se ha mencionado califican edificios o grandes comunidades. En ningún lugar de donde se utilizan estas metodologías son obligatorias así como sucede con el Código Técnico de Construcción Sostenible. La Norma técnica peruana EM.110 está pasando por un período de prueba de dos años buscando que los arquitectos y diseñadores sean los que a través del uso y práctica hagan sugerencias y se dé una apertura a un Mercado "sostenible" de la construcción más acorde a las condiciones de lo que hoy se requiere para nuestras ciudades.

En el caso de ACV su mayor aporte está en los procesos de análisis y a través de la comparación entre materiales se puede observar la huella de carbono y el nivel de impacto al medioambiente. En el caso de MASS los niveles de puntuación se va a realizar a través de las diferentes categorías de la sostenibilidad, económica, social y ambiental. Los criterios de cumplimiento serán en términos de porcentaje:

Cumplimiento - 100%
Sobresaliente - 75%
Medianamente - 50%
Escasamente - 25%
No considera - 0%.

Condicionantes Bioclimáticas en el diseño

Este tema es substancial y aparece tratado dentro de la selección de textos de Tecnología I de Martin Wieser y Gonzalo del Castillo (2011) sección de diapositivas. El título está basado en unos capítulos del libro de Rafael Serra & Helena Couch, (1995) donde lo titula como "los medios naturales de control ambiental". Cabe mencionar que en nuestro medio existen escasos libros al respecto que permitan desarrollar estos temas y por ello, también podemos observar que es difícil la comprensión de las diferentes decisiones iniciales partiendo desde el exterior.

DIMENSIÓN	ELEMENTOS	TEMAS	CRITERIOS
AMBIENTAL	TIERRA	TOPOGRAFÍA Y GEOLOGÍA	Considera relieve natural
			Considera tipo de suelo
		MATERIALES	Materiales reciclados certificados
			Materiales locales naturales
	AGUA	AHORRO Y CAPTACIÓN	Captación y acumulación aguas
			Dispositivos de ahorro hídrico
		REUTILIZACIÓN Y REINCORPORACIÓN	Reutilización de aguas
			Reincorporación al ciclo hidrológico
	AIRE	ACONDICIONAMIENTO TÉRMICO	Aislación pasiva, frío, calor
			Calefacción, refrigeración activa y renovable
		VENTILACIÓN Y HUMEDAD	Ventilación natural
			Ventilación artificial con renovables
	ENERGÍA	ORIENTACIÓN SOLAR	Emplazamiento y distribución programática
			Iluminación natural y sombreado
		EFICIENCIA ENERGÉTICA	Ahorro, reducción consumo energético
			Producción con energías renovables
	VIDA	HABITABILIDAD	Control, confort acústico
			Tratamiento de residuos y control emisiones
		BIODIVERSIDAD Y PAISAJE	Integración de la biodiversidad y al paisaje
			Introducción de vegetación local
SOCIAL	COHESIÓN	IDENTIDAD	Historia, cultura y patrimonio
			Seguridad, confianza e integración
		GOBERNANZA	Gestión política y legislación
			Participación y asociatividad
	MOVILIDAD	ACCESIBILIDAD	Accesibilidad universal
			Accesibilidad a servicios y equipamientos
		TRANSPORTES	Transporte público eficiente
			Fomento modo pie y bicicletas
ECONÓMICA	CONECTIVIDAD	INFRAESTRUCTURAS	Optimización diseño red de transporte
			Distribución de energía
		REDES	Sistemas digitales de comunicación
			Cooperativismo
	EFICIENCIA	NUEVAS ECONOMÍAS	Economía Ecológica y empleos verdes
			Economía local y servicios ambientales
		INNOVACIÓN	Adaptación y creatividad
			Vida útil eficiente con menos mantenimiento

Tabla 1. Sistematización de la Sustentabilidad.
Fuente: Castillo & Del Castillo, 2015.

A través de esta sección (Wieser & del Castillo, 2011) y del libro de Serra & Couch (1995) se entiende la existencia de una serie de variables que influyen en las características bioclimáticas de una edificación. Las decisiones de diseño están directamente relacionadas con las "repercusiones en la iluminación, acústica y climática" como se menciona en el libro.

Las condicionantes se detallan dentro de lo denominado la acción micro climático. Si bien es cierto que la ubicación del proyecto no es precisamente una decisión del arquitecto (en muchos casos), pero es importante analizarla. Y esta elección ocupa una real importancia dentro del desempeño de su característica climática. (Serra & Couch, 1995).

1. La elección de la ubicación y corrección del entorno:
   - Altura relativa / aspecto topográfico.
   - Pendiente del terreno / aspecto topográfico.
   - Relación con el agua.
   - Relación con la vegetación.
   - Forma urbana / aspecto urbano.
2. La forma del edificio:
   - Compacidad: Se refiere a la relación entre la superficie envolvente y el volumen del edificio.
   - Porosidad: Relación a las zonas de patio del edificio y el volumen.
   - Esbeltez: Relación de las dimensiones del edificio con respecto a la horizontal.
   - Orientación: Habilidad del volumen sobre el terreno que determina el recorrido solar y los vientos.
3. La piel del edificio:
   - Asentamiento: Relación de contacto de las superficies exteriores del edificio con el terreno.
   - Adosamiento: Relación de contacto de las superficies exteriores del edificio con otro edificio.
   - Peso: Características del tipo y espesor del material utilizado en la superficie exterior del edificio.
   - Aislamiento: Nivel de resistencia de las superficies exteriores al paso de calor o frio.

- Perforación. Nivel de porosidad al paso del aire.
- Transparencia. Nivel de captación de radiación solar.
- Textura. Nivel de rugosidad de las superficies exteriores.
- Color. Relación del tono de la superficie con la captación de energía.
- Versatilidad. La capacidad de variación en las superficies exteriores e interiores.

4. El interior del edificio
- Geometría
- Volumen: Dimensiones del espacio interior y sus repercusiones en las condiciones de confort.
- Proporción.
- Desnivel.
- Compartición.
- Peso.
- Textura y color.

Estructura de análisis bioclimático extraída de Wieser y Del Castillo (2011).

Aquí hemos presentado los elementos que se establecerán como las variables análisis en cada uno de los casos de estudio con el fin de darle un orden. La indagación irá variando de acuerdo a la cantidad y complejidad de la información que se obtenga. Ahora veremos los casos de estudio con la información que se recoge de los diferentes proyectos.

Resultados de los casos de estudio

Información y comprensión de los casos de estudio

En los tres casos se aprecia que se trata de edificios aislados, en un medio rural o rodeado de la ciudad pero en el borde costero. En el caso de HoLoH el entorno es bastante importante por estar muy cerca de un centro arqueológico como Túcume y rodeado de árboles. Encontrarse rodeado de elementos naturales como un valle, mar o cerro son elementos importantes que mencionan los autores. Sobre la CAPACH estamos frente a un caso donde el edifico construye la geografía y repite los bordes de un cerro, de manera similar es el caso de LUM que bordea un acantilado. Dos casos donde la geografía actúa de manera definitiva.

La metodología de la presente investigación ha tenido en cuenta estos temas y se basa en observar dos elementos cualitativos:

A. Escritos, que dan lugar a registros textuales- sin análisis estadístico en el momento de que se produce la obra. El punto fundamental de la estructura del método es la observación: directa (de una visita y el análisis - observación estructurada) e indirecta (de la lectura de libros y revisiones de la opinión del jurado de la Bienal de arquitectura y textos publicados en diferentes medios.

B. La matriz de sustentabilidad sistémica que entrega una manera ordenada una serie de aproximaciones sobre lo que puede estar poniéndose en práctica en el edificio.

Los Textos

En los casos de estudio solo se ha utilizado los escritos de Jorge Burga (2010), sobre mi arquitectura, en la Conferencia Diez Años de Arquitectura en el Perú, los textos realizados sobre cada uno de los proyectos elaborados por sus diseñadores. Todo ello aclara sobre las diferentes decisiones y cómo estas se fueron enlazando dentro del avance del diseño e incluyendo la obra. Se puede apreciar el conocimiento de técnicas de construcción ancestral en el uso de la madera como el algarrobo y la tierra hasta el reconocimiento de un tipo de suelo como el de la Costa Verde en el caso de LUM.

Información general de las Matrices de Sostenibilidad Sistémica (MASS) por cada Caso de Estudio

Hospedaje Los Horcones de Túcume - (HoLoH)

Jorge Burga y Rosana Correa - Arquitectos
Ubicación: Túcume , Lambayeque, Perú.
Superficie Del Terreno: 5200 m^2
Premio Del Hexágono De Oro 2002
Bienal De Arquitectura Del Perú.

Ubicación: Ubicado a 30 minutos de Lambayeque, enclavado en medio de la ruta Moche.
Altitud: 43 m.s.n.m.
Clima: Seco y cálido
Temperatura promedio: 26º C.
Latitud: 6º 30´S
Origen del sitio: Pre-inca

	PORCENTAJES DE EVALUACIÓN				
	NO CONSIDERA 0%	ESCASO 25%	MEDIANO 50%	SOBRESALIENTE 75%	COMPLETAMENTE 100%
A. SUSTENTABILIDAD AMBIENTAL					
ELEMENTO TIERRA					
Topografía y Geología					
A.1. Considera al relieve Natural					
A.2. Considera el tipo de suelo					
Materiales					
A.3. Utiliza materiales reciclados y certificados					
A.4. Utiliza materiales locales naturales					
ELEMENTO AGUA					
Ahorro y Captación					
A.6. Implementa dispositivos de ahorro hídrico					
Reutilización y reincorporación					
A.7. Reutilización de aguas					
A.8. Reincorporación de aguas al ciclo hidrológico					
ELEMENTO AIRE					
Acondicionamiento Térmico					
A.9. Aislación pasiva para frío y/o calor					
A.10. Calefacción, refrigeración activa y renovable					
Ventilación y humedad					
A.11. Ventilación natural					
A.12. Ventilación artificial con energías renovables					
ELEMENTO ENERGÍA					
Orientación Solar					
A.13. Emplazamiento y distribución programática					
A.14. Iluminación natural y sombreado					
Eficiencia energética					
A.15. Ahorro y reducción de consumo energético					
A.16. Producción con energías renovables					

Tabla 2. Matriz de Sostenibilidad Sistémica en el caso de Los Horcones.
Fuente: Elaboración Propia

	PORCENTAJES DE EVALUACIÓN				
	NO CONSIDERA 0%	ESCASO 25%	MEDIANO 50%	SOBRESALIENTE 75%	COMPLETAMENTE 100%
A. SUSTENTABILIDAD AMBIENTAL					
ELEMENTO VIDA					
Habitabilidad y Salud					
A.17. Control y confort acústico					
A.18. Tratamiento de residuos y control de emisiones					
Biodiversidad y paisaje					
A.19. Integración de la biodiversidad y el paisaje					
A.20. Introducción de vegetación local					
B. SUSTENTABILIDAD SOCIAL					
ELEMENTO COHESIÓN					
Identidad					
B.21. Considera historia, cultura y patrimonio					
B.22. Considera seguridad, confianza e integración					
Gobernanza					
B.23. Gestión política y legislación					
B.24. Participación ciudadana y asociatividad					
ELEMENTO MOVILIDAD					
Accesibilidad					
B.25. Accesibilidad universal					
B.26. Accesibilidad a servicios y equipamientos					
Transporte					
B.27. Transporte público eficiente					
B.28. Fomentar modo de transporte a pie y bicicleta					

Tabla 2. Matriz de Sostenibilidad Sistémica en el caso de Los Horcones. *(Continuación)*
Fuente: Elaboración Propia

PORCENTAJES DE EVALUACIÓN					
	NO CONSIDERA 0%	ESCASO 25%	MEDIANO 50%	SOBRESALIENTE 75%	COMPLETAMENTE 100%
C. SUSTENTABILIDAD ECONÓMICA					
ELEMENTO CONECTIVIDAD					
Infraestructuras					
C.29. Optimiza el diseño de la red de transporte					
C.30. Distribución de la energía					
Redes					
C.31. Sistemas digitales de comunicación					
C.32. Cooperativismo					
ELEMENTO EFICIENCIA					
Nuevas Economías					
C.33. Economía ecológica y empleos verdes					
C.34. Economía local y servicios ambientales					
Innovación					
C.35. Creatividad y adaptación al sistema existente					
C.36. Vida útil con menor mantenimiento					

Tabla 2. Matriz de Sostenibilidad Sistémica en el caso de Los Horcones. *(Continuación)*
Fuente: Elaboración Propia.

Figura 5. Contexto del proyecto. Fuente: Archivo personal (2016).

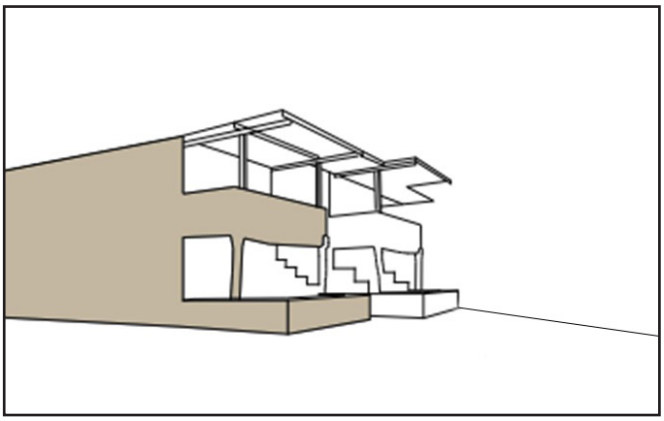

Figura 6. Se observa las características de Color y Transparencia.
Fuente: Equipo de investigación UCAL (2016).

Figura 7. Los elementos como "las ramadas" sumado a las perforaciones en los muros permite el movimiento del aire. Fuente: Archivo personal (2016).

Lugar de La Memoria, La Tolerancia y La Inclusion Social (LUM)

Jean Pierre Crousse y Sandra Barclay - Arquitectos.
Ubicación : Miraflores , Lima, Perú.
Área: 4900.0 m^2.
Superficie Del Terreno: 7573.0 m^2.
Premio Del Hexágono De Oro 2013.
Bienal De Arquitectura Del Perú.

Ubicación: Ubicado al borde costero de la ciudad de Lima, enclavado en medio de la ruta Costa Verde.
Altitud: 43 m.s.n.m.
Clima: Húmedo y cálido.
Temperatura promedio: 19º C.
Latitud: 12º 06´S.

	PORCENTAJES DE EVALUACIÓN				
	NO CONSIDERA 0%	ESCASO 25%	MEDIANO 50%	SOBRESALIENTE 75%	COMPLETAMENTE 100%
A. SUSTENTABILIDAD AMBIENTAL					
ELEMENTO TIERRA					
Topografía y Geología					
A.1. Considera al relieve Natural					
A.2. Considera el tipo de suelo					
Materiales					
A.3. Utiliza materiales reciclados y certificados					
A.4. Utiliza materiales locales naturales					
ELEMENTO AGUA					
Ahorro y Captación					
A.5. Integra la captación y acumulación de aguas					
A.6. Implementa dispositivos de ahorro hídrico					
Reutilización y reincorporación					
A.7. Reutilización de aguas					
A.8. Reincorporación de aguas al ciclo hidrológico					
ELEMENTO AIRE					
Acondicionamiento Térmico					
A.9. Aislación pasiva para frio y/o calor					
A.10. Calefacción, refrigeración activa y renovable					
Ventilación y humedad					
A.11. Ventilación natural					
A.12. Ventilación artificial con energías renovables					
ELEMENTO ENERGÍA					
Orientación Solar					
A.13. Emplazamiento y distribución programática					
A.14. Iluminación natural y sombreado					
Eficiencia energética					
A.15. Ahorro y reducción de consumo energético					
A.16. Producción con energías renovables					

Tabla 3. Matriz de Sostenibilidad Sistémica en el caso de LUM.
Fuente: Elaboración Propia

	PORCENTAJES DE EVALUACIÓN				
	NO CONSIDERA 0%	ESCASO 25%	MEDIANO 50%	SOBRESALIENTE 75%	COMPLETAMENTE 100%
A. SUSTENTABILIDAD AMBIENTAL					
ELEMENTO VIDA					
Habitabilidad y Salud					
A.17. Control y confort acústico					
A.18. Tratamiento de residuos y control de emisiones					
Biodiversidad y paisaje					
A.19. Integración de la biodiversidad y el paisaje					
A.20. Introducción de vegetación local					
B. SUSTENTABILIDAD SOCIAL					
ELEMENTO COHESIÓN					
Identidad					
B.21. Considera historia, cultura y patrimonio					
B.22. Considera seguridad, confianza e integración					
Gobernanza					
B.23. Gestión política y legislación					
B.24. Participación ciudadana y asociatividad					
ELEMENTO MOVILIDAD					
Accesibilidad					
B.25. Accesibilidad universal					
B.26. Accesibilidad a servicios y equipamientos					
Transporte					
B.27. Transporte público eficiente					
B.28. Fomentar modo de transporte a pie y bicicleta					

Tabla 3. Matriz de Sostenibilidad Sistémica en el caso de LUM. *(Continuación)*
Fuente: Elaboración Propia.

Figura 8. Detalle relacionado a la superficie envolvente y su relación con el acantilado.
Fuente Archivo personal, 2016

Figura 9. Detalle relacionado al adosamiento y asentamiento del edificio al terreno.
Fuente Archivo personal, 2016

	PORCENTAJES DE EVALUACIÓN				
	NO CONSIDERA 0%	ESCASO 25%	MEDIANO 50%	SOBRESALIENTE 75%	COMPLETAMENTE 100%
C. SUSTENTABILIDAD ECONÓMICA					
ELEMENTO CONECTIVIDAD					
Infraestructuras					
C.29. Optimiza el diseño de la red de transporte					
C.30. Distribución de la energía					
Redes					
C.31. Sistemas digitales de comunicación					
C.32. Cooperativismo					
ELEMENTO EFICIENCIA					
Nuevas Economías					
C.33. Economía ecológica y empleos verdes					
C.34. Economía local y servicios ambientales					
Innovación					
C.35. Creatividad y adaptación al sistema existente					
C.36. Vida útil con menor mantenimiento					

Tabla 3. Matriz de Sostenibilidad Sistémica en el caso de LUM. *(Continuación)*
Fuente: Elaboración Propia.

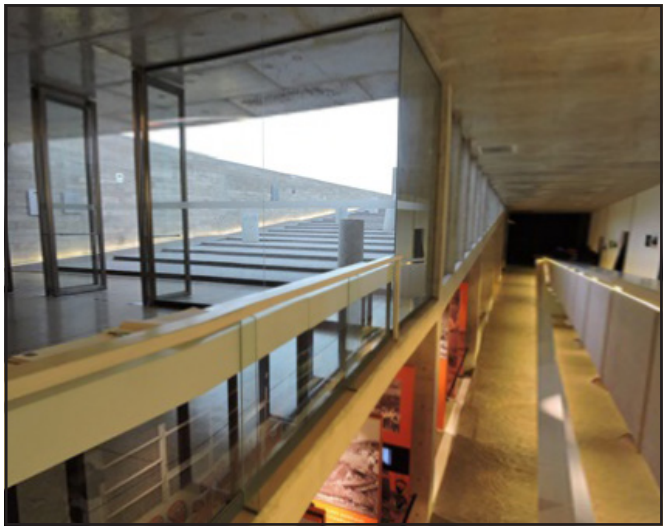

Figura 10. Detalle de relación de interior al exterior con el manejo de la iluminación natural y artificial. Fuente Archivo personal, 2016

Figura 11. Imagen de la combinación texturas y color del edificio en relación al entorno. Fuente Archivo personal, 2016.

Casa Pachacamac (CAPACH)

Luis Longhi - Arquitecto.
Área: 480.0 m².
Superficie Del Terreno: 3800 m².
Premio Del Hexágono De Oro 2008.
Bienal de Arquitectura del Perú.

Ubicación: Ubicado a 30 minutos de Lima.
Altitud: 43 m.s.n.m.
Clima: Semi cálido (desértico, árido, subtropical)
Temperatura promedio: 19º C.
Latitud: 12º 10´S.
Origen del sitio: Pre-inca.

	PORCENTAJES DE EVALUACIÓN				
	NO CONSIDERA 0%	ESCASO 25%	MEDIANO 50%	SOBRESALIENTE 75%	COMPLETAMENTE 100%
A. SUSTENTABILIDAD AMBIENTAL					
ELEMENTO TIERRA					
Topografía y Geología					
A.1. Considera al relieve Natural					
A.2. Considera el tipo de suelo					
Materiales					
A.3. Utiliza materiales reciclados y certificados					
A.4. Utiliza materiales locales naturales					
ELEMENTO AGUA					
Ahorro y Captación					
A.5. Integra la captación y acumulación de aguas					
A.6. Implementa dispositivos de ahorro hídrico					
Reutilización y reincorporación					
A.7. Reutilización de aguas					
A.8. Reincorporación de aguas al ciclo hidrológico					
ELEMENTO AIRE					
Acondicionamiento Térmico					
A.9. Aislación pasiva para frio y/o calor					
A.10. Calefacción, refrigeración activa y renovable					
Ventilación y humedad					
A.11. Ventilación natural					
A.12. Ventilación artificial con energías renovables					
ELEMENTO ENERGÍA					
Orientación Solar					
A.13. Emplazamiento y distribución programática					
A.14. Iluminación natural y sombreado					
Eficiencia energética					
A.15. Ahorro y reducción de consumo energético					
A.16. Producción con energías renovables					

Tabla 4. Matriz de Sostenibilidad Sistémica en el caso de CAPACH. *(Continuación)*
Fuente: Elaboración Propia

	PORCENTAJES DE EVALUACIÓN				
	NO CONSIDERA 0%	ESCASO 25%	MEDIANO 50%	SOBRESALIENTE 75%	COMPLETAMENTE 100%
A. SUSTENTABILIDAD AMBIENTAL					
ELEMENTO VIDA					
Habitabilidad y Salud					
A.17. Control y confort acústico					
A.18. Tratamiento de residuos y control de emisiones					
Biodiversidad y paisaje					
A.19. Integración de la biodiversidad y el paisaje					
A.20. Introducción de vegetación local					
B. SUSTENTABILIDAD SOCIAL					
ELEMENTO COHESIÓN					
Identidad					
B.21. Considera historia, cultura y patrimonio					
B.22. Considera seguridad, confianza e integración					
Gobernanza					
B.23. Gestión política y legislación					
B.24. Participación ciudadana y asociatividad					
ELEMENTO MOVILIDAD					
Accesibilidad					
B.25. Accesibilidad universal					
B.26. Accesibilidad a servicios y equipamientos					
Transporte					
B.27. Transporte público eficiente					
B.28. Fomentar modo de transporte a pie y bicicleta					

Tabla 4. Matriz de Sostenibilidad Sistémica en el caso de CAPACH. *(Continuación)*
Fuente: Elaboración Propia

	PORCENTAJES DE EVALUACIÓN				
	NO CONSIDERA 0%	ESCASO 25%	MEDIANO 50%	SOBRESALIENTE 75%	COMPLETAMENTE 100%
C. SUSTENTABILIDAD ECONÓMICA					
ELEMENTO CONECTIVIDAD					
Infraestructuras					
C.29. Optimiza el diseño de la red de transporte					
C.30. Distribución de la energía					
Redes					
C.31. Sistemas digitales de comunicación					
C.32. Cooperativismo					
ELEMENTO EFICIENCIA					
Nuevas Economías					
C.33. Economía ecológica y empleos verdes					
C.34. Economía local y servicios ambientales					
Innovación					
C.35. Creatividad y adaptación al sistema existente					
C.36. Vida útil con menor mantenimiento					

Tabla 4. Matriz de Sostenibilidad Sistémica en el caso de CAPACH. *(Continuación)*
Fuente: Elaboración Propia

Pendiente del terreno

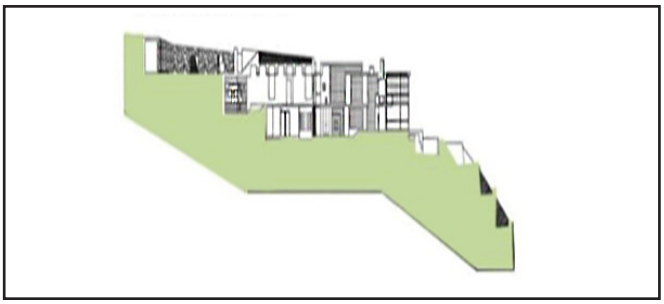

Figura 12. La casa está enterrada dentro del cerro con una pendiente de 25º aproximadamente. Fuente: Colaboradores de investigación, 2016.

Compacidad

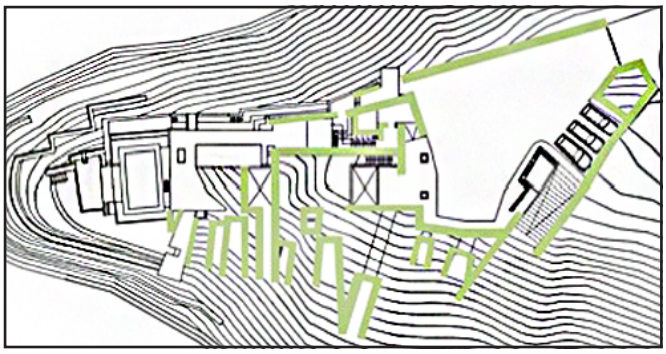

Figura 13. La casa Pachacámac presenta características de compacidad. Fuente Colaboradores de investigación, 2016.

Figura 14. La CAPACH está envuelta del suelo del cerro y se aprecia enterrada. Fuente: Longhi, L., 2016.

Descripción general

La discusión entre el Hospedaje Los Horcones (HoLoH), La casa Pachacámac (CAPACH) y el Lugar de la Memoria (LUM) es a través del estudio de la matriz MASS que permite evaluar la calidad de arquitectura sostenible. En estos tres casos de estudio es establecer una línea base sobre algunas de las herramientas de diseño de arquitectura sostenible en paralelo con el edificio real. Por lo tanto, los edificios escogidos se tratan de edificios paradigmáticos en el uso de los conceptos de la arquitectura sostenible.

El estudio de los casos ha tenido en cuenta la aplicación de conceptos de arquitectura sostenible. También podemos

observar a través de la literatura que se mencionan algunos problemas medioambientales a resolver como puede ser el viento, el asoleamiento, la acústica, entre otros. A pesar de estos problemas ambientales se utilizan métodos constructivos y estrategias que van de la mano con el lugar y su geografía. Donde se puede apreciar que varias de estas estrategias no han utilizado software avanzados sino solo la observación y desde allí el aporte de lo que se puede lograr. Con ello solo demuestra que los primeros esfuerzos de situarse frente al lugar es una gran motivación para relacionarse con el medio ambiente.

Las estrategias a favor de la sostenibilidad

Las estrategias utilizadas han encontrado un hilo conductor desde el conocimiento de la topografía, o aspectos geológicos de la composición del suelo, para obtener los materiales de construcción o simplemente para crear un sistema de cimentación de la edificación.

Las estrategias se han ido presentando a manera de ir develando aquellas que están en equilibrio y que relacionan los temas que propone la sostenibilidad no solo desde lo ambiental, sino también desde lo económico y social.

Relación e interacción entre los casos de estudio

La mayor relación se observa desde lo que ya se ha mencionado y es en torno a su ubicación geográfica que está en la costa. Pero también esto nos permite ver la diferenciación de su ubicación en tres situaciones distintas como es tener una en pendiente como el LUM, o dentro de un cerro como la CAPACH o simplemente en un medio rural como el Nortino cercano al Ecuador. El manejo de los recursos de la ventilación e iluminación natural han estado presentes quizás con mayor cuidado en el caso de LUM por lo que representa un espacio de exhibición y teniendo un carácter público.

Los niveles más altos se registran en las áreas de sostenibilidad ambiental en los tres proyectos **(Ver Tabla 5)**, sin embargo la conectividad económica es uno de los más bajos, así como el uso de energías renovables y esto debería llamarnos la atención contemplando que tenemos muchas horas de luz de día y podemos utilizar de mejor manera la energía solar.

Los conceptos de sostenibilidad social, en los tres casos la cohesión y su conexión con la historia han estado presentes. El Perú es un país rico en su acervo cultural y patrimonial y debe estar dentro del quehacer arquitectónico y estos ejemplos lo que hacen es mostrar diferentes alternativas. Sin embargo, los niveles de accesibilidad nos plantean una revisión de ello no solo en la ciudad, sino también la relación con el medio rural que es donde tenemos mucho mas se puede aprender y generar relaciones de transporte más públicas y generando una mayor participación ciudadana desde los edificios.

En el área de la sustentabilidad económica, la creatividad y su adaptación al sistema existente han hecho de ello un vínculo entre todos los casos de estudio. Así mismo un tema importante y no menor es el mantenimiento y vida útil de cada uno de los edificios y están dentro de los parámetros que esto significa en un país con escasos recursos económicos.

Limitaciones y Oportunidades

Dentro del proceso de la investigación, una limitación importante es recoger la opinión de los relacionados al proyecto y luego del edificio mismo, que van desde los habitantes, trabajadores y los arquitectos. El registro de este proceso permitiría reconocer algunos detalles más profundos que van mostrando una etapa que no está considerada dentro de la obra del arquitecto y es lo que sucede luego que está construido el edificio. Esta etapa que está ligada a la ocupación del edificio, nos permitiría establecer las diferentes etapas del funcionamiento de algunas estrategias como la ventilación e iluminación natural o su vida útil y con bajo mantenimiento. Por otro lado, esta es una oportunidad de avanzar para contar con instrumentos de medición en los proyectos y observar su comportamiento en relación al confort a lo largo de su vida útil y cómo responde a las diferentes actividades sobre lo que fueron diseñados. Esto es responder de la manera que se adaptan a los nuevos escenarios de la sociedad actual y futura.

Por otro lado, debe llamarnos la atención la escasa publicación que hay sobre las obras arquitectónicas en torno a su potencial bioclimático y sostenible. Muchas de ellas están referidas a temas de la poética y dejan de lado elementos que están interactuando de manera directa a la forma del edificio y su razón esencial de encontrarse en un lugar y un tiempo.

CONCLUSIONES

Resumen de los resultados

Este documento presenta las aproximaciones de esta herramienta MASS en el estudio de casos como son el Hospedaje Los Horcones (HLH), La casa Pachacámac (CPACHA) y el Lugar de la Memoria (LUM) con el fin de estudiar con éxito y precisión las conclusiones válidas y transferibles sobre las herramientas de diseño utilizadas por los arquitectos.

La revisión de la literatura puso a disposición una investigación similar con objetivos homólogos que tuvo el beneficio de dar un alcance más amplio, mostrando los diferentes grados de efectividad para cada uno de los elementos que intervienen en una primera etapa de evaluación de arquitectura sostenible. Por lo tanto, esta exploración fue para comprender de donde provenían las condiciones de referencia de estas ideas sobre el diseño de arquitectura sostenible y en qué medida son útiles.

ELEMENTOS	HoLoH	LUM	CAPACH	TOTAL
AMBIENTAL				
Tierra	16	16	15	47
Agua	10	17	8	35
Aire	12	12	11	35
Energía	12	14	10	36
Vida	11	16	11	38
SOCIAL				
Cohesión	10	13	10	33
Movilidad	9	14	9	32
ECONÓMICA				
Conectividad	6	12	6	24
Eficiencia	13	14	13	40
TOTAL	99	128	93	

Tabla 5. Resultados de la Matriz de Sostenibilidad Sistémica en los tres casos de estudio.
Fuente: Elaboración Propia

La validación de esta línea base es básicamente la capacidad de predicción que puede lograr sobre el desarrollo de un proyecto de arquitectura. Creemos que es allí de donde proviene su mayor aporte. Sin embargo, el factor de predictibilidad está limitado por la forma en que los arquitectos de estos proyectos tratan la información disponible, y quedan dependiendo de sus experiencias de diseño anteriores. Es decir, la matriz si bien ahora nos puede ayudar a evaluar esta, es restringida en dar resultados muy precisos y comprensivos, como sucede por ejemplo a la cantidad de luz natural del día, la radiación solar o el comportamiento térmico en un ambiente y sus efectos sobre los ocupantes de un edificio. Sin embargo, se aprovecha una serie de datos que son posibles de observar y asumir valores como el tratamiento de las superficies interiores y exteriores del edificio. Tomando en cuenta el grado de compacidad del edificio, su porosidad, el adosamiento, asentamiento, orientación, trabajo participativo, etc. Que permiten dar cuenta de la primera serie de tomas de decisiones trascendentales en su comportamiento energético y confort para los ocupantes de estos edificios.

Si bien es cierto, el análisis bioclimático se utiliza con frecuencia para evaluar el rendimiento "natural de los edificios" con el fin de obtener resultados precisos sobre su comportamiento frente a un microclima. Sin embargo, se necesitan otras reglas como las que entrega un poblador de la zona por ejemplo y dando opciones para una debida información micro climática.

Los 3 casos de estudio se encuentran en una misma zona climática, que son las condiciones de la costa peruana, sin embargo, cada una representa una característica distinta. En el caso del Hospedaje Los Horcones (HoLoH), está fuera del radio de la ciudad, cercano a la línea del Ecuador y encontrarse en medio de los árboles esta condición le da una característica singular y genera movimientos del viento y temperaturas distintas por las diferentes sombras que ahí se presentan. Y en el invierno con el uso de la tierra mejora su capacidad de inercia térmica y aislamiento.

La casa Pachacámac (CAPACH), se encuentra sobre la parte más alta del cerro, frente al valle y cercano al Mar, todo ello contribuye a una situación de tomar las diferentes corrientes de aire durante el día. Siendo un gran aporte el haber utilizado materiales y mano de obra local.

Por último, el Lugar de la Memoria (LUM), está en medio de un grupo de acantilados frente al mar. El proyecto se desarrolla adaptándose a la pendiente y toma cualidades de reutilización del agua.

Esta situación geográfica de los tres proyectos como se puede apreciar establece distintas maneras de enfrentar la relación con el lugar y el clima.

Por otro lado, se ha repetido en muchos escenarios por los arquitectos que la costa desértica no es un clima extremo y por

ende, no requiere de mayores análisis sobre ello, es decir que esto debería optar por simples soluciones medioambientales. Los tres casos vistos en este estudio sin embargo, nos propone de llevar a cabo operaciones bajo condiciones de un conocimiento muy refinado de la relación del edificio con el lugar, y ello significa reconocer la variabilidad de las condiciones de las estaciones y las diferentes orientaciones, pero también generar las condiciones que permita ciertos niveles de versatilidad o con alternativas frente a la diversidad de cambios durante el año.

El estudio de los casos valida cada resultado para determinar el nivel de la MASS. Esta exactitud se da en tanto al grado de información y las operaciones que se han llevado a cabo a través de la comparación de estos enfoques, así mismo fueron la pauta en las principales decisiones sobre el inicio del proyecto.

La metodología establece el desafío de ordenar y lograr una guía del rendimiento comparativo para el factor sostenibilidad ambiental, sostenibilidad social, y sostenibilidad económica, lo que da una visión especial sobre la recopilación de datos y su análisis.

En algunas zonas del Perú, utilizar el recorrido de análisis desde el microclima hasta la MASS podría significar un mejor uso de los recursos humanos y naturales y a través de ello desarrollar conceptos de arquitectura sostenible ya que podrían conducir a mejores resultados re-utilizando conceptos ancestrales de nuestras tradiciones arquitectónicas. Especialmente cuando necesitamos resolver diferentes dificultades e impactos que no dañen el medio ambiente y que sean parte de una estrategia de conservación y eficiencia de energía. Generar estrategias a partir del uso de una MASS como una forma de practicar el diseño de arquitectura sostenible y transmitir los valores que esto conlleva a los tipos arquitectónicos podría ser una decisión para mejorar el ahorro de energía en las áreas de escasos recursos o donde no es posible obtener alguna información climática precisa excepto de la tradición cultural de nuestro país que se manifiesta en lo vernáculo. Igualmente, establecer un orden desde el inicio del proyecto presenta una clave de la enseñanza de sostenibilidad en las Escuelas de Arquitectura, como una forma de plantear ideas que puedan conducir a mejores soluciones y calidad de vida.

FUENTES DE INFORMACIÓN

Asociación Española para la calidad - AEC (2006) *Una nueva visión de la edificación: la arquitectura sostenible*. [En línea] Recuperado en: http://www.aec.es/c/document_library/get_file?uuid=fd48a1f3-ce5c-4006-a12a-85cb7fdc1ef9&groupId=10128 (Acceso: 15 Septiembre 2016).

Baker, N. & Steemers, K. (1999) *Energy and environment in architecture: a technical design guide*. New York: E&FN Spon.

Bodart, M. y De Herde, A. (2001) *'Global energy savings in offices buildings by the use of daylighting'*. Energy and Buildings 34 pp 421-429. Science Direct [En linea]. Recuperado en: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778801001177 (accessed on 20 Mayo 2016).

Bryan, G., Cohen, R. & Stephan, P. (2011) *Wider Public Sector Emissions Reduction Potential Research*. CAMCO de DECC, ECUK.

Bryman, A. (2012) *Social Research Methods* 4a Edición. Oxford: Oxford University Press.

Burga, J. (2010). *Sobre mi arquitectura (Conferencia Diez Años de Arquitectura en el Perú)*. Lima, Perú.

Castillo Haeger, C, & del Castillo Oyarzún, M (2015). *Enseñanza, Sustentabilidad, Arquitectura, Arquitecturas Del Sur*, 33, 48, pp. 30 - 43.

Cornejo, C. (2016). *Sostenibilidad, Arquitectura y Evaluación*. [En línea] Recuperado en: repositorio.ucal.edu.pe/bitstream/handle/ucal/181/CC01.pdf? (Acceso: 5 noviembre 2016)

Educate - Environmental Design University Curricula and Architectural Training in Europe (2012) *Educación en arquitectura sostenible - Resumen Ejecutivo* [En línea] Recuperado en: http://www.educate-sustainability.eu/downloads/white-papers/Sustainable%20Architectural%20Education_Summary%20Spanish.pdf (Acceso: 5 Septiembre 2016).

Edwards, B. (2009). *Rough guide to sustainability*. London: RIBA.

Evans, B.H. (1981) *Daylight in architecture*. New York: Architectural Record Books.

Guy, S. & Moore, S.A. editors. (2005) *Sustainable architectures: cultures and natures in Europe and North America*. New York: Spon Press, Taylor & Francis Group.

Garzón, B. (2010). *Arquitectura sostenible. Bases, soportes y casos demostrativos* (1.a ed.). Buenos Aires: Nobuko.

Instituto Superior del Medio ambiente – ISM (2014). [En linea]. Recuperado de: http://www.ismedioambiente.com/programas-formativos/analisis-del-ciclo-de-vida-conceptos-y-metodologia (Acceso: 28 Octubre 2016).

Jankovic, L. (2012) *Designing zero carbon buildings using dynamic simulation methods*. Abingdon, Oxon [England] ; New York, NY: Earthscan.

Jourda, F. (2014). *Pequeño manual del proyecto sostenible*. (1.a ed.). Barcelona: Gustavo Gili.

Longhi, L. (2016) *Archivos Personales de la Casa Pachacámac*. Escritos, Planos y Fotografías.

Low Carbon Innovation Coordination Group, (2012) *Non Domestic Buildings, Summary Report* [En linea]. Recuperado de: http://www.lowcarboninnovation.co.uk/document.php?o=11. (Acceso: 28 Diciembre 2015).

Mc Mullan, R. (2007) *Environmental Science in Building* (6ta. edicion). Hampshire: Palgrave Macmilan.

Ministerio de Energía y Minas - MINEM (2009), *Balance Nacional de Energía*. MINEM

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2015). *Código Técnico de Construcción Sostenible*. Lima: MVCS

Miranda, L., Neira, E., Torres R., Valdivia, R., (2014). *Hacia la construcción sostenible en escenarios del Cambio Climático*. [En línea] Recuperado de: http://cies.org.pe/sites/default/files/investigaciones/edicion_final_estudio_construccion_sostenible.pdf. (Acceso: 7 julio 2016).

Reinhart, C. (2001) *Daylight Availability and Manual Lighting Control in office buildings - Simulation Studies and Analysis of Measurements*. Thesis PhD at University of Karlsruhe, Germany. [En línea] recuperado en: http://mit.edu/tito_/www/Publications/PhDCReinhart.pdf. (Acceso: 5 Mayo 2016).

Serra, R. y Coch, H. (1995) *Arquitectura y Energía Natural*. Barcelona: Edicions UPC.

Technology Strategy Board - TSB (2009) Design & Decision Tools for Low Impact Buildings [En linea] Recuperado de: http://www.innovateuk.org/_assets/pdf/tsb_ddtoolforlowimpactbuildcompflyer.pdf. (Acceso: 15 Noviembre 2016).

Wieser, M. (2008). *La disciplina de la arquitectura y el reto de la sostenibilidad*. Arquitextos, (23), pp. 42-51. URP.

Wieser, M. & Del Castillo, G. (2011). *Consideraciones bioclimáticas en el diseño*. En Tecnología I, selección de textos (pp 46 -77). Lima: Facultad de arquitectura PUC Lima Perú.