

ARQUITECTURA: EL ARTE MATEMATIZADO

Rodrigo Camberos García Sancho

Presentación.

Primero que nada, comenzaré por mencionar que el presente texto se escribe con el objetivo de realizar una demostración sobre como la arquitectura no sólo se basa en el embellecimiento e intervención de espacios urbanos públicos o privados, sino que tendrá también la función de resolver problemáticas correspondientes a situaciones reales para la transformación del paisaje, a través de modelos matemáticos funcionales. Por consiguiente, se prueba que esta disciplina se relaciona, tanto con lo lógico matemático al igual que con lo artístico.

Sin duda alguna la arquitectura es una disciplina que ha sido “connatural a la formación de la civilización y un hecho permanente, universal y necesario” (Rossi, 1982, pg 2) en la vida del ser humano desde épocas antiguas, con el surgimiento de la geometría, civilizaciones tanto griegas como egipcias, buscaban el embellecimiento de sitios públicos en las urbes. Actualmente, existe todavía esa necesidad humana de construir espacios bellos que nos rodeen, por ello surge la búsqueda demostrativa sobre la indudablemente fuerte relación existente entre el espacio arquitectónico, su estética y los procesos geométricos o matemáticos realizados y la responsabilidad de los arquitectos frente a los distintos desafíos que conlleva la adaptación de diferentes monumentos, edificios o estructuras a problemáticas del entorno.

De acuerdo con Calcerrada (2010) y con Alsina (2014) la arquitectura es una disciplina autónoma, integradora, con un lenguaje propio en el que se barajan el arte, la ciencia, el humanismo, la tecnología. Igualmente afirman la existencia de un paralelismo entre las concepciones matemáticas y el pensamiento arquitectónico, dicho con otras palabras ambos mencionan la importancia de la geometría y la modelización matemática como parte de procesos artísticos o arquitectónicos.

Por otro lado, con referencia en lo anterior, existen arquitectos que efectúan una separación de lo artístico sobre lo matemático, es decir, sólo se enfocan al desarrollo del diseño estético y dejan atrás modelos matemáticos dirigidos para el funcionamiento completo de obras estructurales. Esto tiene como consecuencia la pérdida completa de la funcionalidad buscada en aquel objeto e igualmente genera una ruptura entre el equilibrio por la parte artística y la matemática.

Desde mi punto de vista, el momento en el que no se cuestiona una pieza arquitectónica, ni se cuestionan sus problemáticas ni sus futuros desafíos, la obra como tal pierde su propio sentido, puesto que el arquitecto sólo se enfoca en lo estético. En cambio, si el artista solo logra el enfoque hacia la parte funcional sin tomar en cuenta lo artístico, la esencia de la estructura estará incompleta, debido a la dualidad existente entre el arte y las matemáticas en esta disciplina.

Por el contrario, cuando el arquitecto mismo genera un modelo propio para la resolución de la problemática que se le presenta al momento de construir una edificación, monumento o a través de la intervención del paisaje, sin dejar atrás la estética y el arte que conlleva la arquitectura, se promueve una cultura arquitectónica que permite el deleite de estructuras que conforman el espacio. En este punto se prueba el satisfactorio trabajo de un artista capacitado.

En conclusión, es trascendental para los arquitectos, la comprensión de la relación que existe entre el diseño de una pieza arquitectónica y la problematización que conlleva dicha. Porque “el origen de la arquitectura estaría vinculado, no sólo con el estar y el edificar, sino también, y fundamentalmente, con el andar y el imaginar” (Careri, 2002, pg 340) la anterior frase corrobora la postura sobre la visualización de esta disciplina como integradora de muchas otras más.

Conceptualización.

Se iniciará por la conceptualización básica de los componentes del motivo de estudio, en cuanto a la arquitectura, el término ‘arquitectura’ proviene del griego antiguo ἀρχιτέκτων (architéctōn), y éste compuesto de ἀρχός (archós) ("jefe", "guía") y τέκτων (téctōn, "constructor") (Wiktionary, 2017); el diccionario las define “como el arte de proyectar y construir edificios” (RAE); de acuerdo con Arqhys es “el arte y la ciencia de diseñar edificios” (Arqhys) . Mientras que “matematizar refiere a la aplicación de métodos matemáticos a una disciplina” (The free Dictionary by Farlex, s.f.); para la filosofía racionalista es “la experiencia analizada por la razón, reducida a sus elementos fundamentales y sometida a cálculo a través de procedimientos matemáticos” (IES SÁNCHEZ CANTÚ, s.f.p 4). La matemática realista consiste en “organizar la realidad con medios matemáticos...incluida la matemática misma (Freudenthal 1973, en Bressan, Gallego, Pérez, & Zolkower, 2016, p 2).

Ahora bien, la matematización de la arquitectura es la ocupación del espacio a través de la construcción de edificios y monumentos que tienen su origen en la realización de figuras geométricas, con el fin intervenir en el contexto del ser humano.

“La Geometría, que es matemáticas, se ocupa en efecto del espacio abstracto, mientras que la Arquitectura, que es técnica y arte, se ocupa del espacio concreto, del espacio con relación al hombre, a su presencia como observador, a su dimensión como beneficiario de ella”. (Calcerrada, Las matemáticas y la arquitectura., 2010)

Por otra parte, algunos reconocidos personajes, desde una visión diferente, perciben a las obras arquitectónicas de una manera distinta. Tal es el caso del aclamado arquitecto Patrik Schumacher, que menciona “que se debe dejar de confundir la arquitectura con el arte, ya que los arquitectos son los encargados de la forma del entorno construido, no de su contenido y por lo tanto esta disciplina no debería ser considerada artística, a pesar de su contribución específica a la humanidad”. (ArchDaily)

Por último las características que permiten conceptualizar a las manifestaciones físicas de la arquitectura como objetos matematizables, son las siguientes:

- Las distintas formas de los elementos que integran a los diseños de las construcciones.
- La distribución de las aéreas en el espacio.
- Las relaciones de magnitud entre los objetos, su tamaño, sus proporciones
- Los patrones lineales y vectorizaciones propios de la disciplina.
- Las proyecciones geométricas de las edificaciones y monumentos.
- Escalas como recurso esencial para la precisión matemática.
- Planos en distintas dimensiones.
- Utilización de sistemas de medición.

En conclusión, el proceso de conceptualización nos ha permitido afirmar que en efecto, la matematización de la arquitectura desempeña un papel vital en la construcción del espacio que habita el ser humano, puesto que a través de la geometría el hombre se permite plantear

distintas maneras de proyectar edificios y construcciones, siendo él el observador y beneficiario del enriquecimiento del paisaje, que a su vez es una fuente de inspiración artística. Contextualización.

Para la correcta comprensión de la temática presentada es sumamente trascendental recalcar que a partir del siglo XX, tanto profesionales de la arquitectura como del urbanismo, adoptaron una filosofía de diseño en cuanto a las formas geométricas, que puede ser vista de una manera dogmática. Aplicaron a propósito abstracciones de la geometría del ambiente construido, siendo las figuras geoméricamente simples la base de una tipología esencial en el entorno de construcción. (ArchDaily)

Como antecedente a los procesos de matematizar la arquitectura y la utilización de la geometría en edificaciones arquitectónicas, Calcerrada menciona que durante las Cruzadas

Los arquitectos y maestros constructores se reagruparon en sociedades casi secretas, puramente laicas y constituyeron en el Sacro Imperio Germánico (...) la Bauhütte, Federación de las Logias de los talladores de piedra(...) De una u otra forma estas agrupaciones de arquitectos-constructores funcionaron en toda Europa, siendo para todos ellos la geometría una ciencia fundamental y mantuvieron una relación mútua que se evidencia en los “signos lapidarios” que aparecen en todas las construcciones del románico y el gótico, y que son pequeños tratados de geometría, concedidos únicamente a los oficiales y maestros, para los que constituía una marca o firma. (Calcerrada, Las matemáticas y la arquitectura., 2010) (pág. 7)

Otra aportación de la matematización en esta disciplina es la siguiente:

Lucca Pacioli, en 1494, publica en Venecia la Summa de Arithmética, Geometría, Proportione et proportionalità en cuyo prefacio insiste ya en el carácter fundamental de la Ciencia Matemática, cuyos principios deben servir como guía de todas las ciencias y las artes. La élite de artistas-matemáticos de la época refleja sin duda el ambiente que el Renacimiento había creado en el último tercio del siglo XV. La perspectiva matemática constituyó una garantía para lograr la corrección y verosimilitud en la representación del espacio, y lo que es más, una garantía de perfección estética. El uso riguroso de la regla y el compás confiere la proporción que hace perfectas y admirables las obras de estos artistas. (pág. 7)

En el siglo XX reconoce:

El término fractal ha sido acuñado recientemente por Mandelbrot y designa objetos geométricos de estructura irregular que están presentes en muchos comportamientos y formas de la naturaleza. (pág. 15)

Para situar el objeto de estudio en el campo de conocimiento, se inició con la exploración en Google académico de los componentes de lo que se estudia “las matemáticas en la arquitectura”. Encontrando nueve artículos en las primeras diez páginas de búsqueda con información de forma directa a lo que se pretende desarrollar en el texto.

Después de revisar el estado de conocimiento, el artículo “Relaciones métricas en arquitectura. Análisis de tres propuestas”. Escrito por Alfonso Jiménez, resultó útil debido a que nos abre a la posibilidad de visualizar a esta disciplina desde enfoques distintos a la concepción de dicha. Mientras que la publicación de Félix Calcerrada “Las matemáticas y la arquitectura”. Al ser un estudio que sitúa a varios aspectos de nuestras edificaciones contemporáneas, como lo es la geometría y la simetría y al presentar un breve resumen sobre la profunda relación que ha existido entre estas dos disciplinas teniendo su origen en épocas remotas, es referencia para el buen desarrollo de este texto.

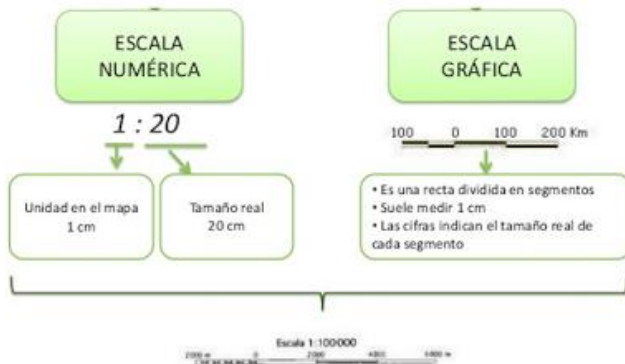
Demostración.

Para la vinculación de la arquitectura con los procesos de matematización se intencionan los siguientes procesos:

1. La utilización de escalas.
2. La proporción del rectángulo.
3. Sección aurea en la arquitectura.

1. La utilización de escalas: para el desarrollo de planos arquitectónicos, son utilizadas las escalas como parte esencial de ellos. Dichas, se utilizan para poder representar las medidas reales de algún edificio o alguna estructura, pero adaptadas a un tamaño mucho menor para su representación ideal. La obtención de éstas, consiste en una equivalencia en la cual un número x representado con cierta medida, representa en cierto punto otra medida distinta.

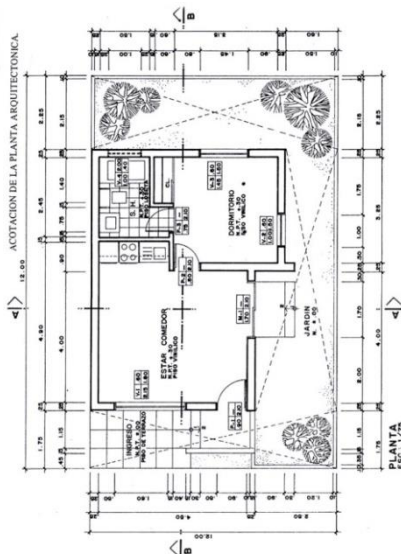
IMAGEN 1



FUENTE: <http://laquintaleyenda.blogspot.mx/2016/10/representacion-de-la-tierra.html>

En la imagen anterior, se muestra cómo con números y con medidas, se representan distintas distancias que son representadas tanto numéricamente como gráficamente.

IMAGEN 2

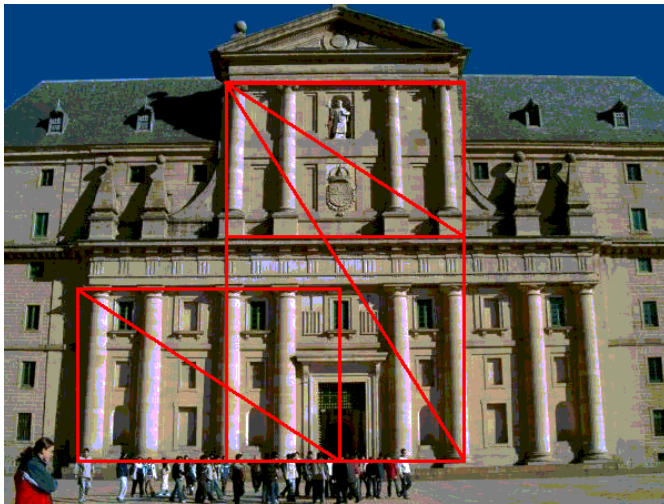


FUENTE: <http://planoos-arq.blogspot.mx/2013/10/proyecto-arquitectonico.html>

En la imagen anterior, se demuestra que efectivamente son utilizadas las escalas en los planos arquitectónicos, puesto que dan la pauta a los arquitectos para conocer las medidas reales de las estructuras o edificaciones.

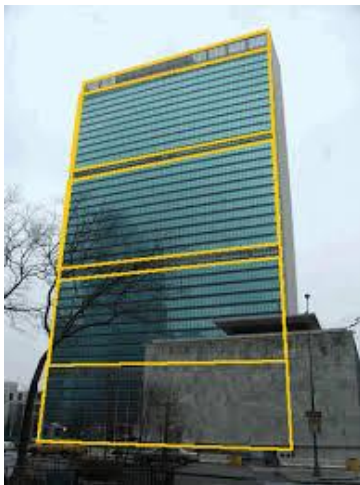
2. La proporción del rectángulo. Desde épocas pasadas, la utilización del rectángulo ha tenido un enorme peso en la constitución de la arquitectura y es a partir de esta figura, que se realizan numerosas piezas arquitectónicas. Se define a la proporción como la relación o correspondencia debida a las partes con el todo, o de una cosa con otra, en cuanto a magnitud, cantidad o grado (The Free Dictionary by Farlex). Resulta sencillo encontrar en las obras arquitectónicas la utilización de distintas proporciones como medio para su construcción y como medio para su diseño.

IMAGEN 3



FUENTE: <http://inklings-gors.blogspot.mx/2014/10/proporcion-aurea-en-la-arquitectura.html>

IMAGEN 4



FUENTE: <http://inklings-gors.blogspot.mx/2014/10/proporcion-aurea-en-la-arquitectura.html>

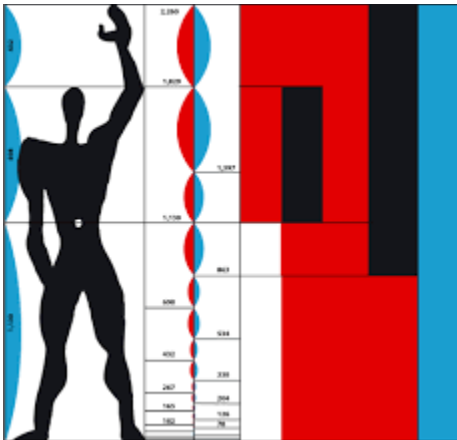
El uso de formas proporcionales en la arquitectura, permite lograr un equilibrio y un embellecimiento de dichas desde épocas pasadas y a la vez logra hacer más estéticas a las estructuras o edificaciones construidas.

3. Sección aurea en la arquitectura. Para demostrar que la sección aurea se encuentra presente en las figuras y obras arquitectónicas e influye en el embellecimiento de dichas, se debe significar con la proposición de Félix Calcerrada:

Las teorías proporcionales reservan una particular atención, en el campo de la arquitectura, a las técnicas de los trazados reguladores desarrollados en la segunda mitad del siglo XIX y principios del XX. Surge el deseo de controlar la composición con leyes matemáticas. Todos los artistas de los movimientos de vanguardia se interesaban por el instrumento geométrico y matemático, para investigar la estructura interna de la obra. A mediados del siglo XX la aparición del Modulor (París, 1948) (module = unidad de medida y section d'or) de Le Corbusier, marca un punto culminante de la teoría de la proporción. La propuesta de diseño que hace Le Corbusier es el establecimiento de un módulo arquitectónico que contemple a la vez el dimensionamiento humano y la necesidad internacional de producción en serie. Propone para la arquitectura un sistema modular susceptible de crear armonía arquitectónica. Calcerrada, F. (2010)

Desde esta visión se entiende al uso de figuras con sección aurea como una posibilidad para el alcance de la armonía en la arquitectura por medio de las matemáticas, siendo este el siguiente sistema el propuesto para la construcción de las estructuras.

IMAGEN 5



FUENTE: <https://eltornilloquetefalta.net/tag/le-corbusier/>

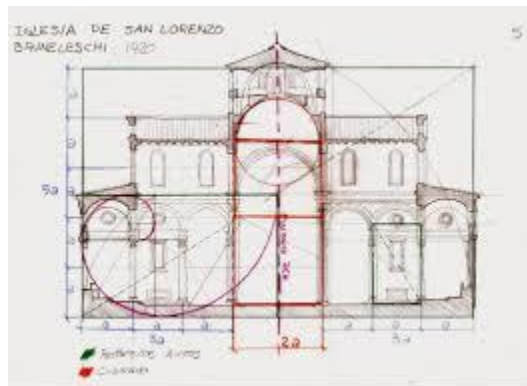
A partir de rectángulos áureos por superposición y división, construye la malla fundamental: fijada la unidad d , altura del hombre, considera dos series, la serie roja y la serie azul: Serie roja: $d, \varphi d, \varphi^2 d, \varphi^3 d, \dots$. Serie azul: $2d, 2\varphi d, 2\varphi^2 d, 2\varphi^3 d, \dots$. Este sistema proporcional es fuente de rectángulos áureos y de cuadrados dobles. Uno de sus méritos es enlazar las series proporcionales y el mundo de la industrialización de la construcción. (Calcerrada, 2010)

IMAGEN 6



FUENTE: <http://www.xavirocasancho.com/la-proporcion-aurea-en-publicidad/>

IMAGEN 7



FUENTE: <https://www.pinterest.com.mx/pin/445434219375925921/>

Reconocer el aspecto matemático de la arquitectura, nos permite entender a ésta como una disciplina que se complementa constantemente no sólo con la parte artística, sino que a través de procesos matemáticos, los arquitectos van guiando sus obras arquitectónicas hacia concepciones más bellas y mucho más estéticas. Tanto la simetría como las proporciones, permiten a esta disciplina en la actualidad tener una concepción distinta de la que se tenía antes y originan un equilibrio en la manera de concebir las obras contemporáneas.

Por otro lado, gracias a procesos matemáticos, como lo es la obtención de escalas, los arquitectos tienen la posibilidad de poder plasmar de manera coherente y precisa las distintas medidas que se van presentando, generando así métodos más prácticos para la visualización de planos. Entonces, es por eso que decimos que la arquitectura es una disciplina que no sólo embellece el paisaje, sino que tiene su construcción a partir de cálculos matemáticos que han trascendido a lo largo de la historia humana.

Evidencia y cierre.

En suma, se incluye la siguiente información brindada por el Arquitecto César Rivera Cuevas, egresado de la carrera Arquitectura del ITESO, al momento es profesor de dibujo técnico, tanto en el Instituto de Ciencias, para las áreas de ingenierías y arquitectura; como en el ITESO, para los alumnos de arquitectura.

EO: Bueno, las matemáticas y el cálculo y todo lo relacionado con el cálculo estructural, va siempre pegado con el diseño arquitectónico, no se puede hacer un diseño que sale de la nada y que no se pueda construir. Sí hay gente que lo hace así, y tiene que aventarse un trabajo mucho más pesado de cálculos estructurales para que el edificio no se caiga o se pueda construir en él, pero siempre va una pegada con la otra. Existe una parte muy interesante que es la aplicación de las matemáticas a la parte del diseño. Ejemplificando, por una parte existe el modelo oriente utilizado tanto por japoneses y chinos, que se basa en un tapete que es una medida, con la que modulan sus casas, es un tapete que lo acomodan de diferentes formas y hacen los espacios modulados, construyendo el espacio en base a cuántos tapetes caben haciendo metros cuadrados. Por otra parte, tenemos el modelo propuesto por Le Corbusier llamado “El Modulor”, que consiste en la arquitectura en base a módulos repetitivos y a los espacios, y que en cierto punto van a coincidir en algo bonito, en algo armónico. Las matemáticas están en la naturaleza, en el cuerpo humano, en el diseño de automóviles, en el diseño de laptops, en el diseño arquitectónico y prácticamente en casi todo. Las personas que utilizan la sección aurea como parte de sus diseños arquitectónicos, son personas que dimensionan el peso que tiene la utilización de figuras áureas como parte de la creación del espacio y efectivamente existen muchos arquitectos que basan sus obras desde ese punto matemático que es la sección aurea, para hacerlo más estéticos. (C. Rivera, comunicación personal, 21 de noviembre de 2017)

En fin, después de los conocimientos obtenidos nos podemos dar cuenta que las matemáticas efectivamente, se encuentran en la arquitectura y el diseño arquitectónico y su existencia se remonta a miles de años atrás. Estas, pudiéndose encontrar en diferentes aspectos de la disciplina, como la geometría o la utilización de la sección aurea, nos demuestran la relación también existentes entre los métodos y conceptos matemáticos y el embellecimiento y equilibrio de las obras estructurales. Todos estos procesos matemáticos se vuelven indispensables en la construcción y modificación del espacio a partir de la arquitectura.

Para profundizar más en la temática propuesta, se recomienda leer los siguientes libros y documentos que tratan sobre la estética y las matemáticas en la arquitectura, en el campo de la estética se recomienda leer el libro *El elogio de la sombra* de la editorial Siruela publicado por Junichiro Tanizaki, por otro lado, para entender mejor la concepción de arquitectura de Le Corbusier y el modelo propuesto por él llamado el Modulor se recomienda leer el libro *Hacia una arquitectura* de la editorial Apostrofe publicado por Charles-Édouard Jeanneret-Gris (Le Corbusier), si su interés tiende a la historia y la relación de las matemáticas con la arquitectura, se recomienda leer el documento académico *Las matemáticas y la arquitectura* de Félix Calcerrada.

Referencias.

ArchDaily. (s.f.). Recuperado el 21 de Octubre de 2017, de <https://www.archdaily.mx/mx/786660/por-que-la-arquitectura-no-es-el-arte-y-no-deberia-serlo>

ArchDaily. (s.f.). *ArchDaily*. Recuperado el 21 de Octubre de 2017, de <https://www.archdaily.mx/mx/755491/fundamentalismo-geometrico-una-arquitectura-de-la-desconexion>

Arqhys. (s.f.). Recuperado el 21 de Octubre de 2017, de <http://www.arqhys.com/construccion/arquitectura.html>

Axis Power. (2014, Octubre 22). Retrieved Noviembre 11, 2017, from <http://inklings-gors.blogspot.mx/2014/10/proporcion-aurea-en-la-arquitectura.html>

- Bressan, A. M., Gallego, M. F., Pérez, S., & Zolkower, B. (2016). Educación Matemática Realista. Bases teóricas. Recuperado el 21 de Octubre de 2017, de http://gpdmatematica.org.ar/wp-content/uploads/2016/03/Modulo_teor%C3%ADa_EMRFinal.pdf
- Calcerrada, F. (2010). Las matemáticas y la arquitectura.
- Careri, F. (2002). Walkscapes: el andar como práctica estética. Editorial Gustavo Gili.
- Corbusier, L. (2013). *Hacia una arquitectura* (2ª ed.). Madrid, España: Apostrofe.
- El tornillo que te falta*. (2015, Agosto 12). Retrieved Noviembre 14, 2017, from <https://eltornilloquetefalta.net/tag/le-corbusier/>
- Elaboracion Proyecto Arquitectonico*. (2013, Octubre 22). Retrieved Noviembre 14, 2017, from <http://planoos-arq.blogspot.mx/2013/10/proyecto-arquitectonico.html>
- IES SÁNCHEZ CANTÚ. (s.f.). Filosofía moderna I: Racionalismo y empirismo. (C. d. Xunta de Galicia, Ed.) Recuperado el 21 de Octubre de 2017, de https://www.edu.xunta.gal/centros/iessanchezcanton/aulavirtual2/pluginfile.php/27222/mod_resource/content/0/Apuntes_Descartes3.pdf
- La quinta leyenda de kantic@. (2016, Octubre 19). Retrieved Noviembre 14, 2017, from <http://laquintaleyenda.blogspot.mx/2016/10/representacion-de-la-tierra.html>
- Pinterest. (n.d.). Pinterest. Retrieved Noviembre 14, 2017, from <https://www.pinterest.com.mx/pin/445434219375925921/>
- RAE. (s.f.). *Diccionario de la lengua española*. Recuperado el 21 de Octubre de 2017, de <http://dle.rae.es/?id=3dyUvi4>
- Rossi, A. (1982). La arquitectura de la ciudad.
- Sancho, X. R. (2016, Marzo 09). *Xavier Roca Sancho*. Retrieved Noviembre 14, 2017, from <http://www.xavirocasancho.com/la-proporcion-aurea-en-publicidad/>
- Tanizaki, J. (2017). *El elogio de la sombra* (37ª ed.). Madrid, España: Ediciones Siruela.
- The free Dictionary by Farlex. (s.f.). Matematizar. Recuperado el 21 de Octubre de 2017, de <http://es.thefreedictionary.com/matematizar>
- The Free Dictionary by Farlex*. (n.d.). Retrieved Noviembre 14, 2017, from <https://es.thefreedictionary.com/proporci%C3%B3n>
- Wiktionary*. (26 de Abril de 2017). Recuperado el 21 de Octubre de 2017, de <https://es.wiktionary.org/wiki/arquitectura>

