

Introducción a los conceptos básicos
para configurar artefactos en
diseño industrial



Introducción a los conceptos básicos
para configurar artefactos en
diseño industrial

Eduardo Serafín Guevara Melo

Diseñador Industrial. Magíster en Informática
Profesor Titular Laureado
Escuela de Diseño Industrial
Universidad Industrial de Santander
Colombia



Universidad Industrial de Santander
Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas
Escuela de Diseño Industrial
Bucaramanga, 2022



GUEVARA MELO, EDUARDO SERAFÍN

Introducción a los conceptos básicos para configurar artefactos en diseño industrial / Dibujo vectorial, ilustración paramétrica y fotografía Laura Valeria Guevara Terranova
Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2022
260 p.: il.

ISBN PDF: 978-958-5188-41-9

1. ARTEFACTUALISMO 2. DISEÑO INDUSTRIAL – ASPECTOS SOCIALES 3 INGENIERÍA -
DISEÑO – FILOSOFÍA 4. ESTÉTICA 5. ANTROPOMETRÍA 6. ERGONOMÍA COGNITIVA 7. FUNCIONALISMO
(CIENCIAS SOCIALES) 8. INGENIERÍA HUMANA – ASPECTOS SOCIALES 9. INTERACCIÓN HOMBRE-COMPUTADOR

CDD : 745.4 Ed. 23

CDD : 601 Ed. 23

CDD: 620.82 Ed. 23

CEP - Universidad Industrial de Santander. Biblioteca Central

Introducción a los conceptos básicos para configurar artefactos en Diseño Industrial

Eduardo Serafín Guevara Melo
Profesor, Universidad Industrial de Santander

Dibujo vectorial, ilustración paramétrica y fotografía.
Laura Valeria Guevara Terranova

© Universidad Industrial de Santander
Reservados todos los derechos

ISBN PDF: 978-958-5188-41-9

Primera edición, agosto de 2022

Diseño, diagramación e impresión:
División de Publicaciones UIS
Carrera 27 calle 9, ciudad universitaria
Bucaramanga, Colombia
Tel.: (607) 6344000, ext. 1602
ediciones@uis.edu.co

Prohibida la reproducción parcial o total de esta obra,
por cualquier medio, sin autorización escrita de la UIS.

Impreso en Colombia

¿Los *Homo Deus* configuran sus artefactos como lo han venido haciendo los *Homo sapiens*?



Contenido

	Pág.
Introducción	1
¿Qué es configurar?	2
Volumen. Plano. Línea. Punto	13
Sólidos platónicos y derivaciones	35
Interrelación formal	63
Percepción visual	93
Escala. Dimensión entera. Fractalidad. Cuarta dimensión	131
Proporciones	155
Recursos para configuración artefactual	195
Glosario	237

Introducción

Un artefacto es todo producto artificial logrado con intervención humana. Los diseñadores industriales idean y configuran artefactos con calidad funcional.

La ideación permite plantear soluciones que pueden traducirse en inventos que derivan en modelos de utilidad, y la calidad funcional se traduce en confort, usabilidad y buena forma, siendo una simbiosis entre hipótesis derivadas de las funciones: prácticas, sensibles y estéticas del artefacto.

Las funciones prácticas son las que hacen al artefacto usable y confortable, cumpliendo con alta calidad el propósito para el que fue ideado, aunque sin desligarse de las funciones que permiten experiencias de usuario.

Las funciones sensibles establecen sistemas de comunicación entre artefactos y usuarios, logrando una semiótica perceptible y predictiva que permite intuir el cómo se usa el artefacto, evidenciando una interfaz ecléctica que evoca la función práctica que se amalgama con la pregnancia configuracional.

Las funciones estéticas son la que permiten configurar artefactos con buena figura, es decir, con una correspondencia eurítmica armoniosa entre sus diferentes componentes, lográndose un sistema equilibrado y catamorfo que se sacude los superfluos perendengues, para convertirse en una nimiedad minimal.

En la configuración artefactual de alta calidad funcional del diseño industrial, también se consideran otros aspectos como ergonómicos, antropométricos, estructurales, normativos, procedimentales y el más importante, el ambiental, que impacta positivamente disminuyendo la cuota de carbono, pues un concepto se produce con la menor cantidad de insumos, componentes y energía.

En este libro se proponen algunos fundamentos para configurar controladamente desde las funciones estéticas, principios que pueden considerarse atemporales y universales, es decir, que tienen validez global, que siempre estuvieron, están y estarán ligados al alma que diseña; sin embargo, la configuración artefactual evoluciona a la par con los modelos proyectuales y con la tecnología que retoma conceptos como la inteligencia artificial, los sistemas expertos, los algoritmos genéticos, las redes neuronales, la ergonomía cognitiva, el diseño centrado en el usuario, la manufactura flexible de cuarta generación y metodologías como el pensamiento de diseño. Esta nueva manera de hacer diseño ha evolucionado inclusive hasta proponer metaformas de las que muchas veces es imposible establecer un umbral entre lo real y lo virtual.

Entonces la invitación al lector es que, a partir de lo planteado en el libro, reafirme o construya su propia manera de configurar artefactos de diseño industrial.





Capítulo 1

¿Qué es configurar?

Imagen 1.0.
Nota. Zampoñas del sur, 2020. Guevara Terranova Laura Valeria.

Configurar simplemente es dar forma: significado que aborda Guevara (2010, p. 4), con base en una definición del diccionario de uso del español de Moliner (1996).

En la versión de Moliner (2007, p. 1385), se define el concepto “forma” como: <<Configuración. Conformación. Figura. Manera de estar distribuida la materia de un cuerpo, por lo cual se puede distinguir unos de otros por la vista o el tacto. (Otra raíz MORF: morfología, polimorfo. Sufijo de nombres de forma, OIDE: antropeide, solenoide)>>.

La definición no ha cambiado desde la publicación de 1996, y se consignan además otras palabras que se relacionan directamente con el concepto de forma:



Imagen 1-1

Plato con forma de triángulo curvilíneo.

Nota. Adaptado de Arkdap, 2019, <https://arkdapdistribution.com/dobreff-design-carbon-fiber-triangle-plate-medium>



Imagen 1-2

Pluma fuente.

Nota. Adaptado de Montblanc Meisterstück, 2019, <https://www.montblanc.com/content/dam/rcq/mtb/18/46/73/0/1846730.png.adapt.490.490.png>

Configuración, conformación, contorno, estructura, facción, figura, formación, hechura, manufactura, silueta, abellotado, abocinado, abohetado, abolsado, abombado, acampanado, acandilado, acastillado, acopetado, acorazado, agudo, ahilado, ahorquillado, ahusado, alargado, almenado, almendrado, alomado, alto, amigdaloide, ampollar, ancho, anguiforme, angular, aovado, apaisado, apanalado, aparasolado, aplanado, aquillado, aratriforme, arborescente, arboriforme, arpado, arponado, arqueado, arranado, arriñonado, arrocado, aspado, ataudado, atetado, bajo, bicóncavo, biconvexo, ceratoideo, cilíndrico, circular, cóncavo, convexo, cóncavo-convexo, concoideo, cónico, conoideo, conquiforme, cordifome, cornial, corniforme, cuadrado, cuadriforme, culiforme, curvo, dactilado, delgado, dendriforme, dendrítico, dentado, dentellado, denticular, elipsoidal, embocinado, encampanado, ensiforme, escuadrado, esférico, espiciforme, esquinado, esteliforme, estrecho, estrellado, extendido, farpado, filiforme, flabeliforme, flecha, flechado, fusiforme, grueso, harpado, helicoidal, horcado, infundibuliforme, laceriforme, largo, lechugado, lenticular, lineal, lirado, lotiforme, miliar, navicular, oblongo, ochavado, oval, ovalado, palmado, palmeado, parabólico, pectiniforme, peniforme, picudo, piramidal, piriforme, pisciforme, plano, prismático, racimado, rechoncho, rectangular, recto, redondeado, redondo, repolludo, romboidal, romo, sagital, saliente, semilunar, surcado, trapecial, trapezoidal, triangular, troncocónico, tuberculoso, umbilicado, vaginiforme, vermiforme, vesicular.

En el diccionario se mencionan artefactos y conceptos que pueden permitir entender el significado de forma:

Abanico, albardilla, alcachofa, almena, almendra, ánfora, anilla, anillo, apéndice, árbol, aro, arpa, arpón, asa, aspa, bacinilla, banda, barquilla, barra, barril, barrote, bellota, bola, boliche, bolo, bonete, bordón, borne, botón, caballete, cabeza, cabezuela, calabacilla, campana, caña, capacete, capucha, caracol, cascada, cazoleta, cazuela, cebolla, ceda, ceja, cenefa, ceta, chinchorro, cilindro, cimbra, cinta, cintura, círculo, circunferencia, clavillo, clavo, cola, colín, collar, colmena, compás, concha, copete, corazón, corbata, cordón, cordoncillo, cornezuelo, corona, cortilla, cresta, cruz, cuadrado, cuadro, cubilete, cubilote, cuchillo, cucurucho, cuello, cuerno, culebrilla, dado, diente, disco, ele, entrante, equis, escalera, escalerilla, escama, escobilla, escudete, escudo, ese, esecilla, espada, espadilla, espárrago, espátula, espiga, espinilla, espiral, espolón, estrangulación, estrechamiento, estrella, faja, festón, filacteria, filamento, filete, fimbria, flan, flecha, fleje, franja, fres, fresa, gancho, garganta, garra, galla, geoide, giba, glande, globo, gorrón, gota, grano, greca, guisante, haba, hacha, hache, herradura, hoja, hongo, horca, horquilla, hoz, huevo, huso, joroba, labio, lanzadera, lazo, lemniscata, lengua, lengüeta, lenteja, libro, línea, lira, lista, listel, lomo, losange, medialuna, mango, manzana, manzanilla, mediacaña, morro, mosca, nariz, navícula, nervio, nicho, nudo, o, ocelo, ocho, ojo, onda, oreja, orla, pala, palma, pan, panal, panza, paraguas, pata de gallo, patilla, peine, pelota, penacho, perno, pestaña, pez, pezón, pico, pincho, piña, piñón, pirulo, pitón, pitorro, pivote, plancha, plano, platillo, platina, plato, pomo, protuberancia, púa, punta, punta de diamante, rabillo, rabo, raya, redondel, remate, resalto, riñón, rodete, rosa, rosario, rosca, roseta, rueda, saliente, seta, sigma, sombrerete, sombrero, taco, tambor, tarugo, te, teja tendido, tira, tirilla, tiza, tonel, tubo, turquesa, uña, uve, varilla, vástago, vena, veta, vira, voluta, zapatilla.



Imagen 1-3

Bioforma. Mano biónica.

Nota. Adaptado de Microprots, 2019, <https://microprots.com/wp-content/uploads/2019/07/10.png>

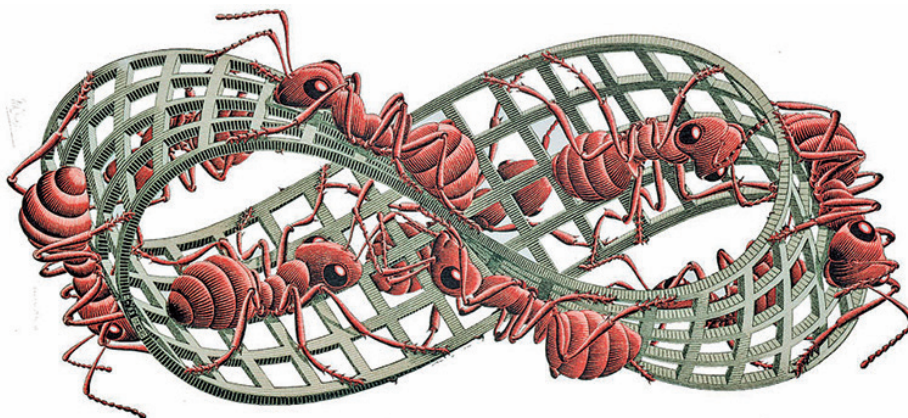


Imagen 1-4

Lemniscata o cinta de Moebius.

Nota. Adaptado de M. C. Scher, 2019, <http://www.eschgranada.com/images/stories/imgsznormal/expo-ambito3-obra-016.jpg>



Imagen 1-5

Multiforma. Aerógrafo de doble acción.

Nota. Adaptado de Aerógrafo, 2019, http://pinturasmundocolor.net/28-large_default/iwata-pistola-ws-400-pininfarina-barniz-paso-12.jpg



Imagen 1-6

Garlancha.

Nota. Adaptado de Pala, 2019, <https://tienda.urrea.com/urrea/Herramientas-para-construccion/130600-Pala-redonda-profesional-con-mango-de-madera-y-puno-Contractor-Gripobra-016.jpg>

Otras acepciones para forma:

Amoldar, abocinar, achaflanar, configurar, conformar, cuadrar, faccionar, modelar, moldar, moldear, ochavar, plasmar, plástica, redondear, // deformar, desfigurar, desvanecer, esfumar.

Proporción, simetría, // amorfo, biforme, conforme, deforme, diversiforme, informe, isomorfo, multiforme, polimorfo, proteiforme, reforma, semiforme, transformar, triforme, uniforme.

Adorno // aspecto // dibujo // molde.

Aspectos o apariencia de una cosa, lo que se aprecia de ella con los sentidos o en un examen superficial.

Forma geométrica: forma que se puede expresar en lenguaje geométrico. Cuerpo que la tiene.

Dar forma a algo, expresarlo o idearlo en forma ordenada y sistemática, o dar expresión precisa a algo que estaba todavía impreciso. Dar forma a un proyecto o una idea.

Según Guevara (2010, p. 6), de la definición de forma propuesta por el diccionario, se puede deducir que algunas se nombran con referencia en objetos conocidos, pero de esta definición se escapan otras de productos que tienen que ver con máquinas, herramientas y artefactos propios de un oficio o de una determinada profesión, además, estos objetos se nombran según el argot propio de un gremio, o de acuerdo a modismos de alguna determinada región.

Por ejemplo, el oficio de albañilería se conoce en algunas regiones de Colombia como “la rusa”; en dicho oficio se utilizan algunas herramientas y artefactos con nombres como llana, palendra, garlancha, pico, palustre, nivel, fleje, canastilla, michiroque, bichiraque, plomada, hilo, mascador, manguera, hachuela, bates, repellador, martillo, mazo, lápiz, escuadra, compás, billamarquín, cinturón, casco, metro, guante, cernidor, balde, zaranda, botas, brocha, lija, pulidora, esponja, estaca, tubo, amarrador, balaustre, serrucho, segueta, maceta, clavo, puntilla, remache, sonda, puntero, cincel, codo, manopla, antifaz, gafas, máscara, filtro, escalera, banco, formaleta, andamio, paral, entre otros.

Otra definición de “forma”, aparece en el Gran Diccionario de la Lengua Española, (2016): <<f. Apariencia externa de una cosa, en contraposición a la materia de que está compuesta; conjunto de líneas y superficies que determinan su contorno>>.

Según Guevara (2010, p. 7), <<las formas cambian a medida que avanza la tecnología, por lo cual cada día se construyen productos que a primera vista no se logra identificar>>.

Las configuraciones contemporáneas producto del diseño industrial son depuradas, denotan su función y funcionalidad, su diseño presenta una interfaz clara que permite percibirlo sin errores de usabilidad.

Los artefactos no necesariamente pueden sentirse físicamente, también es posible percibirlos con realidad artificial y realidad aumentada. La realidad virtual, según Pérez (2008), <<es un tipo de simulación computacional que permite recrear ambientes para que un sujeto pueda interactuar con ellos, y vivenciar esta experiencia como si ocurriera en un entorno verdadero>>. La realidad aumentada, según Colado (2014), <<es el término que se usa para definir la incorporación de elementos virtuales con una visión directa o indirecta del entorno físico real>>.

Con la inteligencia artificial, los algoritmos genéticos, las redes neuronales, los sistemas expertos y con tendencias proyectuales como el pensamiento de diseño, experiencia de usuario y la interacción entre humanos y computadores mediante aplicaciones nativas en artefactos de uso cotidiano, es posible vivir en un mundo cercano a la singularidad posthumana de los *Homo Deus*, como lo describe Harari (2016). Singularidad inmersa en artefactos inteligentes, intuitivos y muy distintos de los que aún conciben los *Homo Sapiens*.

Cuando se habla de configuración, es decir, dar forma, el diseñador industrial no solo tiene en cuenta lo objetual físico, sino que también considera lo intangible inmaterial, que puede percibirse y sentirse como real mediante simulación o realidad virtual aumentada. La experiencia de los usuarios con estos artefactos puede trascender el campo de la ergonomía cognitiva y de la *gestalt* que sumerge al individuo en una *pregnancia onírica*, muy difícil de ubicar en el umbral entre lo objetual tangible y lo objetual imaginado, que ha sido creado con metaformas que se perciben con estimulación neuronal.



Imagen 1-7

Piñón múltiple.

Nota. Adaptado de Shimano., 2019, <https://www.ciclesvilla.cl/wp-content/uploads/2018/04/Cs-R9100.jpg>



Imagen 1-8

Audífonos.

Nota. Adaptado de Audífonos, 2019, <https://freepngimg.com/png/81110-airpods-headphones-strap-iphone-elago-technology>



Imagen 1-9

Harley Motorbike.
Artefacto con forma icónica que denota poder y libertad.

Nota. Adaptado de Harley, 2019, <https://www.moto1pro.com/sites/default/files/harley-davidson-electra-glide-standard-2.jpg>



Imagen 1-10

Eduardo Muñoz Lora.
Barniz de Pasto, guitarra andina.

Nota. Adaptado de Barniz de Pasto, 2019, https://www.pngkit.com/png/full/150-1506417_guitarra-eduardo-munoz-lora-barniz-de-pasto-guitarra.png

La motocicleta que se muestra en la fotografía 1-9 se ha concebido con base en la cultura norteamericana, que promulga la libertad y el poder, cada detalle se ha estudiado desde los fundamentos del diseño hasta la persuasión subliminal, en la que los usuarios, privilegiados de tener este vehículo motorizado biplaza, se identifican con las frases que desde el mercadeo de la empresa se divulgan:

Harley (2019) <<el modelo CVO™ Road Glide™ Limited es muy elegante y cómodo para recorridos largos, tiene un estilo atractivo y una potencia que siempre te dejará satisfecho. El audio de alta calidad, las empuñaduras, el asiento con calefacción, y la maniobrabilidad precisa que brinda el carenado tipo sharknose del modelo Road Glide hacen que esta motocicleta sea sinónimo de placer al conducir>>.

La guitarra que se muestra en la imagen 1.10, que se ha fabricado con la técnica conocida como barniz Mopa-Mopa de Pasto Nariño y con ilustraciones aerografiadas, retoma la simbología e iconografía del sur de Colombia, trayendo a tiempo presente la idiosincrasia Inca.

Tanto el enriquecimiento con formas bidimensionales que se han heredado de los ancestros como el tratamiento del color convierten a estos objetos en productos símbolo de una cultura.

Fornari (1989), que estudió los papeles funcionales de la forma con el propósito de desarrollar un método de clasificación de objetos artificiales, define a la forma como:

El sentido restringido y habitual de la palabra forma, denota una cualidad parcial de los objetos físicos, a saber, la configuración de su perímetro o de sus superficies limitantes. Así cuando se habla normalmente de forma de ladrillo, se enfatiza en su cualidad de ser un prisma rectangular de cantos vivos (p. 13).

Fornari propone que el concepto de forma es más amplio y que abarca otros aspectos perceptivos, como la configuración espacial del objeto tanto a nivel exterior como interior, considerando la textura, el color, el brillo, la temperatura y el olor. En este sentido, la forma de un artefacto sería su configuración percibida a través de un conjunto de canales sensoriales, constituyéndose en un acto pregnante que va más allá de solamente discriminar una forma a nivel visual, un artefacto se siente cuando se mira y cuando se usa en contexto.



Imagen 1-11

Juguete antropomorfo que denota ternura.

Nota. Adaptado de Muñeca Abba, 2019, https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/81sgCHeiOQL_AC_SL1500_.jpg

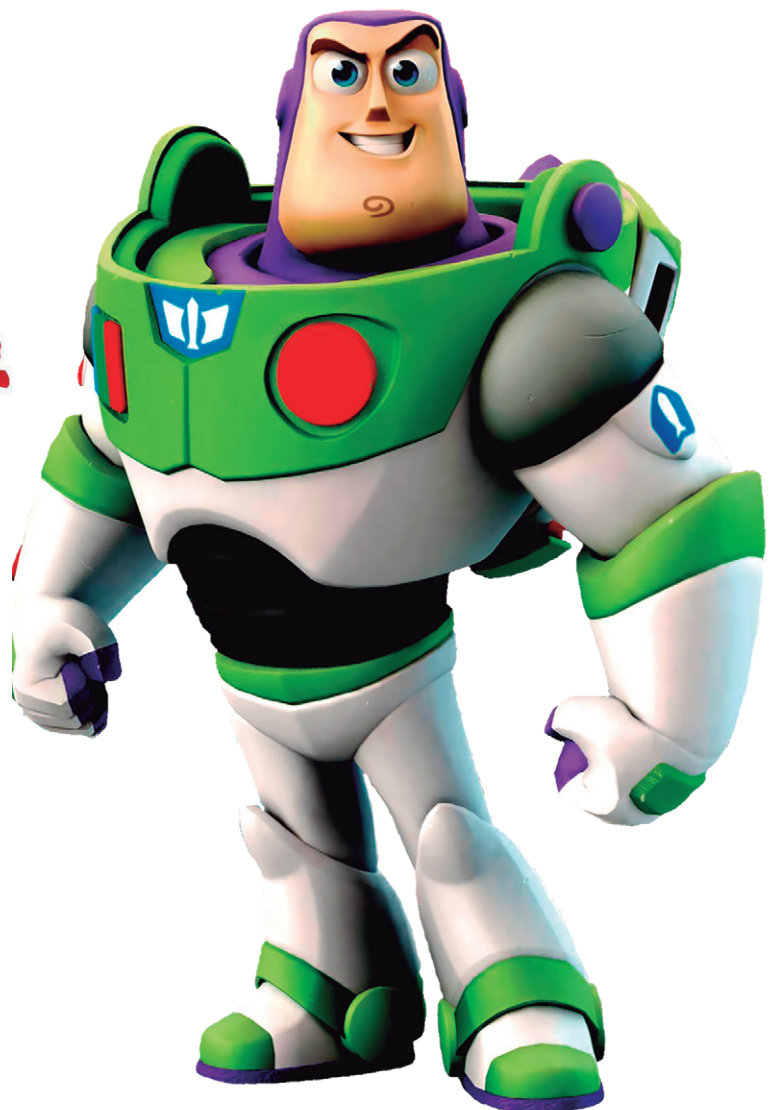


Imagen 1-12

Juguete antropomorfo que denota fuerza.

Nota. Adaptado de Muñeco Toy Story, 2019, <https://freepngimg.com/png/23340-toy-story-buzz-photos>

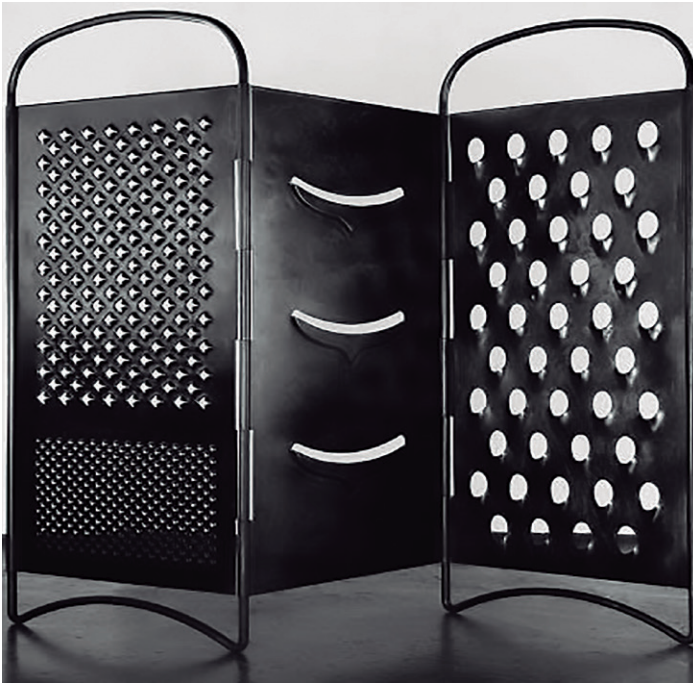


Imagen 1-13

Formas en un contexto alterno.

Nota. Adaptado de Foro Alfa, 2019, <https://foroalfa.org/imagenes/ilustraciones/manpara.jpg>

La imagen 1-13 nos muestra tres formas de artefactos que se utilizan como ayudantes de cocina, sin embargo, al sacarlas de su contexto y construir con ellas otro artefacto que tiene otra función, se puede crear un escenario surrealista; ¿aún podemos llamar a estas formas “ralladores”? ¿o será que el artefacto es un biombo? Moles (1961), citado por Pineda (2013), afirma que <<la piedra es una cosa, pero cuando el diseñador la hace funcionar como pisapapel, la convierte en objeto>> (p. 2). Por analogía podemos afirmar, ahora, que en la imagen 1-13 lo que efectivamente se muestra es un artefacto conocido como biombo.



Imagen 1-14

El sombrero vueltiao.

Nota. Adaptado de Sobrero Vueltiao, 2019, http://artesaniasdecolombia.com.co/Documentos/Catalogo/334_sombrero-vueltiao-tuchin-cordoba-artesanias-colombia-g.jpg

En la imagen 1-14 se ve un sombrero vueltiao, que es una forma propia de la región Caribe de Colombia y se manufactura con fibras cosidas de caña flecha (*Gynerium sagittatum*). Los finos hilos se trenzan en trama y urdimbre, luego se configura el sombrero dando vueltas y cosiendo las trenzas (de ahí proviene el nombre de sombrero vueltiao); al ser propia de una región, tanto la forma del sombrero como su nombre se protege como una marca de denominación de origen.

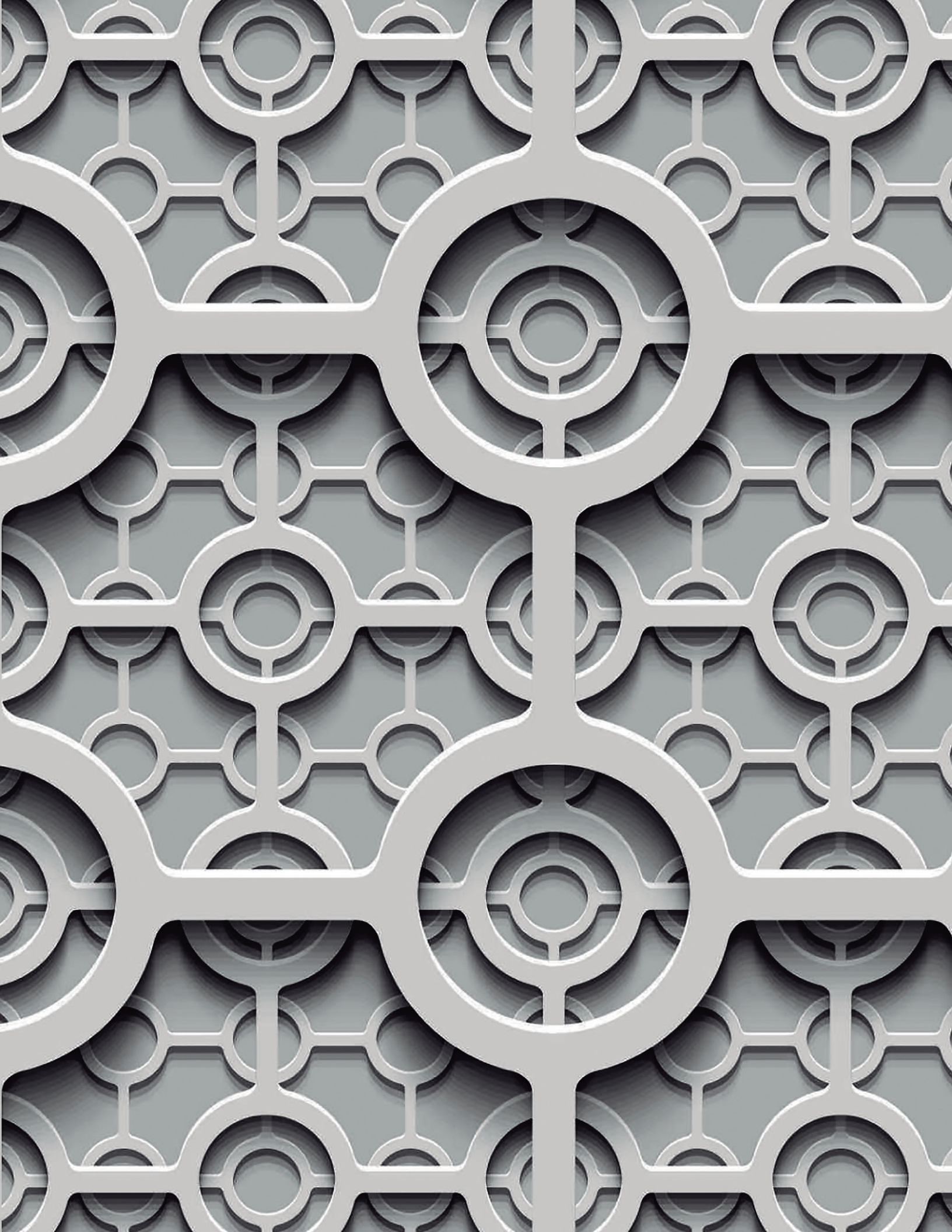
En el Manual de la Superintendencia de Industria y Comercio de Colombia (2013), se define:

Las Denominaciones de Origen son los nombres de ciertos lugares que se han vuelto famosos porque de ellos provienen ciertos productos que, por sus características y calidades especiales que se deben esencial o exclusivamente a dicho medio geográfico, han adquirido gran reputación, y los consumidores tienden a preferirlos sobre productos similares que no gozan de dicho reconocimiento (p. 9).

Referencias y fuentes bibliográficas

- Colado, S., Gutiérrez, A., Vives, C., y Valencia, E. (2014). *Smart city - hacia la gestión inteligente*. Marcombo. <https://www.alfaomegacloud.com/reader/smart-city-hacia-la-gestion-inteligente?location=119>
- Fornari, T. (1989). *Las funciones de la forma*. Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco.
- Gran Diccionario de la Lengua Española. *Forma*. Recuperado 02 de noviembre de 2020 de <https://es.thefreedictionary.com/forma>
- Guevara, E. (2010). *Diseño industrial. Conceptos para construcción de la forma*. Ediciones Universidad Industrial de Santander.
- Harari, Y. N. (2017). *Homo Deus. Breve historia del mañana*. Editorial Debate
- Harley. (2019). *Para los motociclistas que son protagonistas*. <https://www.harley-davidson.com/la/es/motorcycles/cvo-road-glide-limited.html>
- Moliner, M. (2006). *Diccionario de uso español*. Gredos.
- Pérez-Salas C. P. (2008). Realidad Virtual: Un Aporte Real para la Evaluación y el Tratamiento de Personas con Discapacidad Intelectual. *Terapia psicológica*, 26(2), 253-262. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-48082008000200011>
- Pineda-Patrón, J. M. (s.f.). Semiótica del objeto: signos excitantes [Fotografía]. Foro Alfa. <https://foroalfa.org/articulos/semiotica-del-objeto-signos-excitantes>
- Superintendencia de Industria y Comercio. (2013). *Manual de Denominaciones de Origen*. https://www.sic.gov.co/sites/default/files/files/Nuestra_Entidad/Publicaciones/Cartilla_Manual_Denominaciones_Origen.pdf





Capítulo

2

Volumen

Plano

Línea

Punto

Imagen 2.0.

Nota. Mosaico, 2020. Adaptado de <https://image.winudf.com/v2/image1>





Imagen 2-1

Volumen, plano, línea y punto.

Nota. Adaptado de Cleopatra, 2020, <https://secure.img1-fg.wfcdn.com/im/77757487/resize-h800-w800%5Ecompr-r85/4300/43007446/Cleopatra+25%2522+Table+Lamp.jpg>

Las formas básicas fundamentales pueden considerarse como la sumatoria de unidades atómicas conocidas como punto, las que pueden representarse para entenderlas tanto en el plano como en el espacio, así como también en entornos tetradimensionales, como en el tesseracto o hiper cubo

VOLUMEN, PLANO, LÍNEA, PUNTO

La anatomía binocular humana hace que se perciba un mundo objetual en tres dimensiones. EcuRed (2019) la define del siguiente modo: <<Consiste en la coordinación e integración de lo que reciben ambos ojos, pero en una percepción binocular única, o sea, la visión única de un objeto obtenida a partir de las sensaciones recogidas en ambas retinas>>. Es decir, de cualquier artefacto, se perciben dos imágenes que se mezclan en el cerebro, lo que permite tener conciencia de la altura, la anchura y la profundidad.

Para determinar las dimensiones de un objeto, se ubicará en frente de nuestro campo visual, y, según una convención de la geometría descriptiva, se determina que la anchura es una dimensión que define una longitud horizontal del objeto, de tal manera que se puede desplazar desde la izquierda hacia la derecha con respecto de un punto de referencia. La altura se entiende como una dimensión que se puede medir de manera vertical, lo que permite desplazarse hacia arriba o hacia abajo de un punto determinado. La profundidad determina el espesor del objeto, lo que permite desplazamiento hacia adelante o hacia atrás de un punto de referencia que puede considerarse el origen del sistema de coordenadas.

Una manera de definir las dimensiones de un artefacto tridimensional es por medio de un sistema de coordenadas para ubicación espacial, como lo propone Guevara (2010, p. 12):

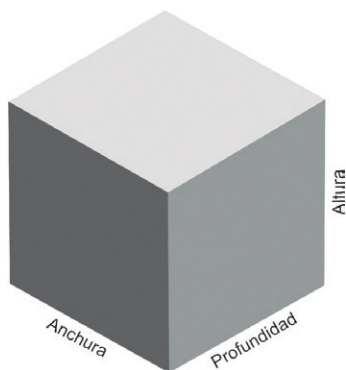


Imagen 2-2

Volumen, en tres dimensiones

X = Profundidad = 1

Y = Anchura = 1

Z = Altura = 1

Nota. Ilustración, 2020.

Guevara Terranova Laura Valeria.

En un cubo de lado 1 (una unidad en cualquier escala), se pueden determinar sus dimensiones espaciales de la siguiente manera: Anchura = 1, Profundidad = 1 y Altura = 1. De tal modo, que para ubicar un punto en un artefacto tridimensional, es necesario utilizar un sistema de representación compuesto por tres dígitos, que en su orden determinan la anchura, la profundidad y la altura. Es por esta razón que un volumen tiene tres dimensiones. En un sistema de coordenadas cartesianas, la profundidad se representa en el eje X, la anchura en el eje Y y la altura en el eje Z.

El volumen es el espacio que ocupa un objeto, o también se puede entender como las medidas en tres dimensiones que ocupa un artefacto. Un artefacto tridimensional se puede encajonar en cajas tridimensionales, con referencia a planos verticales y horizontales.

Por ser un concepto abstracto, un plano como tal no existe en la naturaleza, pero es posible representarlo por una forma que se ha delimitado y que se encuentra en una superficie plana, esa forma puede parecerse a una figura geométrica o ser completamente irregular. Al agrupar planos, bien sea avanzando hacia la izquierda, abajo o atrás, se generan volúmenes, es decir, estos se forman por el desplazamiento de un plano en una dirección contraria a la superficie propia de ubicación del plano.

Guevara (2010, p. 13) también propone:

En un volumen una forma plana se puede percibir como la superficie de una puerta, la cual tiene mediana anchura, gran altura y un espesor reducido.

Un plano está formado por una infinidad de líneas que se han agrupado una detrás de otra en una superficie plana o siguiendo una trayectoria recta.

Una línea también es un concepto abstracto que se puede definir como la intersección de dos planos o una arista de un volumen. La línea solamente tiene una dimensión que determina su longitud, por ejemplo, es algo que tiene altura, pero no tiene ni anchura ni profundidad. Para ubicar un punto en una línea solamente se necesita un dígito para determinar la distancia desde el origen, es por eso que la línea tiene una sola dimensión.

La línea, por ser un concepto abstracto, no existe, pero puede ser representada por una forma que tiene la característica de ser delgada y alargada. En una propuesta tridimensional, una línea se puede considerar como un volumen que tiene una gran altura, pero una reducida anchura y profundidad, es decir, que una de sus dimensiones es considerablemente mayor que las otras dos.

Una línea está compuesta por una sucesión de puntos, sucesión que determina su longitud y forma total, que puede ser curva, recta, quebrada, irregular o de apariencia orgánica.

Un punto es un concepto abstracto que determina una posición en el espacio, puede ser el inicio o el fin de una línea o la intersección de dos líneas conceptuales. El punto no existe físicamente, es algo que tiene dimensión cero, es decir, que no tiene anchura, ni altura, ni profundidad. Se puede representar un punto por una forma simple (generalmente un círculo relleno) y relativamente pequeña.



Imagen 2-3
Forma que se puede percibir como plano.

Nota. Ilustración, 2020.
Guevara Terranova Laura Valeria.

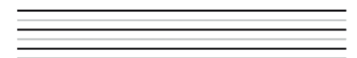


Imagen 2-4
Forma como línea.

Nota. Ilustración, 2020.
Guevara Terranova Laura Valeria.

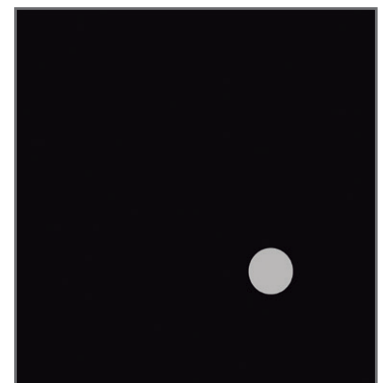


Imagen 2-5
Forma como punto. El círculo gris es relativamente pequeño con respecto del marco que lo contiene.

Nota. Ilustración, 2020.
Guevara Terranova Laura Valeria.

El tamaño de la forma que se puede percibir como punto es relativa a la superficie o al espacio que la contiene.

Imagen 2-6

Forma como punto.
Las ventanas del avión se perciben como puntos con respecto de todo el artefacto.
Nota. Adaptado de Skeeze, 2020, https://cdn.pixabay.com/photo/2015/04/27/23/47/airbus-742843_960_720.jpg
Cleopatra+25%2522+Table+Lamp.jpg



Imagen 2-7

Forma como punto: una pelota de golf en primer plano, comparada con la luna en segundo plano.

Nota. Adaptado de Luna, 2020, https://cdn.pixabay.com/photo/2016/11/29/13/14/astronomy-1869760_960_720.jpg

Si una forma pequeña se ubica en una superficie grande, se puede percibir como un punto, pero si la superficie es pequeña, se percibe como un plano. Un volumen de reducidas dimensiones se puede percibir como un punto dependiendo del grado de acercamiento a otro volumen de referencia que tiene dimensiones mayores. Un remache en el ala de un avión se puede considerar como un punto, comparado con el todo.

FORMAS BÁSICAS

Tomando como referencia la geometría euclidiana, se pueden proponer algunas formas básicas bidimensionales y tridimensionales con las cuales es posible configurar una gran variedad de artefactos.

Forma como punto

Una esfera con un acabado superficial liso se puede considerar como la forma básica tridimensional que se puede percibir como punto, pero esta percepción es relativa y depende de los objetos que se tomen como referencia para realizar una comparación. La pequeña esfera de una pelota de golf que se muestra en la imagen 2-7 se puede considerar como un punto comparada con la esfera de mayor tamaño, la luna; sin embargo, si se realiza un acercamiento a la pequeña esfera y se analiza su superficie con un microscopio electrónico, se puede evidenciar que existen irregularidades que dejan percibir una textura rugosa, compuesta por infinidad de puntos.

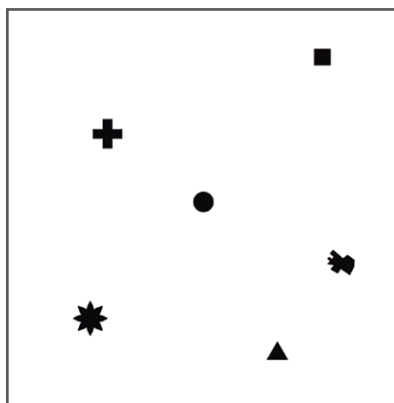


Imagen 2-8

Representación plana de un punto.

Nota. Ilustración, 2020.
Guevara Terranova Laura Valeria.

A nivel bidimensional, una forma se puede apreciar como punto cuando es simple y relativamente pequeña, generalmente un punto se puede representar como dos líneas en cruz, un pequeño círculo, un triángulo, un cuadrado o una forma completamente irregular (Imagen 2-8), pero, como ya se dijo antes, depende del tamaño de la superficie o del marco que contiene a la forma para que sea percibida como punto. Se supone que todas estas formas propuestas como puntos se componen a su vez de puntos más pequeños.

Forma como línea

Una forma se percibe como línea cuando transmite una sensación de delgadez y longitud prominente (Imagen 2-9).

A nivel tridimensional, una línea puede ser como una varilla de pequeña sección: circular, cuadrada o triangular, pero de una gran longitud, es decir, que una de sus dimensiones es considerablemente mayor que las otras dos, esto depende de la posición espacial en la que se ubique, por ejemplo, una línea se puede percibir como vertical cuando está perpendicular a un plano horizontal y su altura es considerablemente mayor que su longitud y su profundidad, en otras palabras, es más alta que ancha y gruesa.

También es posible percibir una forma alargada y esbelta como una cinta y no como una línea, esto se logra, por ejemplo, cuando la altura es prominente, la profundidad es reducida y la anchura es dos o tres veces la profundidad (Imagen 2-10).



Imagen 2-11

Nota. Adaptado de Pixar, 2020, <https://i.pinimg.com/originals/da/17/8f/da178ff2e6c36d1c7561152a6b6b346.jpg>

Personaje Úrsula de la película *La sirenita* de Pixar. Se ha utilizado en su configuración un modelado en malla por medio de líneas entrelazadas y se ha ilustrado digitalmente simulando una forma tridimensional compleja.



Imagen 2-9

La base de la silla se ha configurado con líneas curvas; en el tapizado se aprecian formas como punto, comparadas con el volumen total del mueble.

Nota. Adaptado de Biju Toha, 2020, <https://pixabay.com/es/illustrations/silla-presidente-png-4281517/>



Imagen 2-10

Esfera construida con una cinta.

Nota. Adaptado de M. C. Escher, 2020, <https://es-la.facebook.com/M.C.EscherPage/posts/10155758843643200>



Imagen 2-12

Representación de líneas.

Nota. Ilustración, 2020.

Guevara Terranova Laura Valeria.

A nivel bidimensional, una forma se percibe como línea cuando una de sus dimensiones es considerablemente mayor que la otra.

Además del color, la textura y su sección, en una forma como línea, según Wucius Wong, se pueden considerar otros atributos:

Forma total: Se refiere a su apariencia total, que puede ser recta, curva, quebrada, irregular o aleatoria.

Cuerpo: El cuerpo de una línea se delimita por sus bordes, los que generalmente son lisos y paralelos, pero pueden ser texturizados e irregulares.

Extremidades: Una línea puede tener una forma definida en su origen y en su remate, puede ser cuadrada, circular, plana, semiesférica o de cualquier otra apariencia.

Forma como plano

En dos dimensiones, cualquier forma que no sea reconocida como punto o como línea es un plano. La forma plana está delimitada por líneas conceptuales que determinan la figura total del plano, pueden ser geométricas, orgánicas, rectilíneas, irregulares y aleatorias.

En tres dimensiones, una forma se reconoce como plano cuando dos dimensiones son amplias, y la tercera reducida, por ejemplo, la superficie de una puerta tiene una mediana anchura, una gran altura y una reducida profundidad, en otras palabras, es medianamente ancha, muy alta y reducidamente gruesa.

Las formas geométricas planas son el círculo, el cuadrado y el triángulo equilátero; con la agrupación de estas formas básicas, es posible construir cualquier otra.

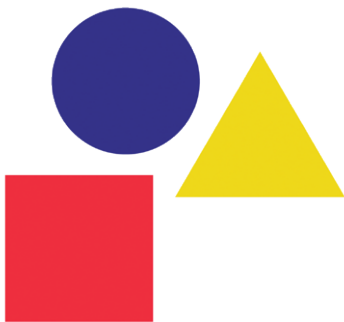


Imagen 2-13

Kandinsky (1923).

Correspondencia universal entre las tres formas básicas y los tres colores primarios.

Nota. Ilustración, 2020.

Guevara Terranova Laura Valeria.

Kandinsky, (1923), citado por Lupton, (1994, p. 2) <<proclamó una correspondencia universal entre las tres formas básicas y los tres colores primarios, que van del cálido al frío, de claro a oscuro, y de activo a pasivo. Según Kandinsky, el dinámico triángulo es esencialmente amarillo, el estático cuadrado, intrínsecamente rojo y el sereno círculo, naturalmente azul>>.

Con base en estos argumentos, Kandinsky repartió muchos formularios pidiendo que se rellenaran las formas básicas con los colores primarios. Esperaba que realmente hubiese una correspondencia de carácter universal entre las formas primarias y los colores primarios. Kandinsky logró su objetivo y esta correspondencia, desde entonces, cobró validez, sin embargo, es

evidente que para lograr la equivalencia no se siguió un método científico convincente, por lo cual esta ecuación es solamente una propuesta con carácter de referencia que no puede ser considerada como verdad, depende de la visión y de los argumentos del diseñador para aplicarla en sus configuraciones artefactuales.

Formas básicas en volumen

Partiendo de las formas bidimensionales, se puede realizar una equivalencia con formas tridimensionales de la siguiente manera: un círculo en revolución, es decir, girando sobre un eje de simetría, genera una esfera, pero si el círculo es extruido, se obtendrá un cilindro.

Cuatro triángulos equiláteros, agrupados en una forma tridimensional, definen un tetraedro o una pirámide de cuatro lados cuyas caras son triángulos equiláteros, pero si el triángulo está en revolución, se genera un cono, es decir, que un cono es una pirámide de caras triangulares y base de lados con número igual a las caras; entre más caras tenga la pirámide, se apreciará un cono más definido y con mejor resolución, cercana al volumen macizo.

Un cuadrado en extrusión define un cubo, pero si se rota sobre su eje de simetría, genera un cilindro; si es rotado tomando la diagonal del cuadrado como eje, entonces, se pueden percibir dos conos unidos por su base.

A partir del análisis anterior, se puede afirmar que las formas básicas tridimensionales son la esfera, el cono, el cilindro, el tetraedro y el cubo. Con la combinación de estas formas básicas o con la repetición y agrupación en el espacio de una misma forma básica, es posible construir cualquier artefacto.

Agrupando esferas de diferente diámetro es posible construir cualquier forma tridimensional; este recurso es muy utilizado en gráficos digitales para la construcción de formas complejas, que posteriormente son editadas con acabados superficiales y animadas en secuencias de movimiento.

Una esfera en modelado paramétrico es una característica, como lo afirma Femex (1997), citado por Solano (2001): <<una característica se define como una unidad de información que describe un conjunto de propiedades de un modelo, relevantes respecto a un punto de vista>> (p. 7).



Imagen 2-14

La superficie de esta mesa se ha propuesto como una forma plana orgánica.

Nota. Adaptado de Muma, 2020, https://www.muma.co/img/uploads/products1_pictures/mesa_livi_organica_T2_3P.jpg



Imagen 2-15

Se perciben formas planas circulares en la llantas, líneas orgánicas en el tejido y línea delgada en el manubrio. El conjunto muestra una forma volumétrica orgánica.

Nota. Adaptado de Gerhard Gellinger, 2020, <https://pixabay.com/es/illustrations/carro-de-beb%C3%A9-nostalgia-aislado-2444638/>



La silla roja y azul de Gerrit Rietveld es un ícono del diseño.

En su configuración se han utilizado las formas básicas planas y una paleta cromática que retoma los colores primarios y el negro.

Los puntos, las líneas y los planos se han dispuesto eurítmicamente, logrando un artefacto minimalista casi puro.

Su forma más que un artefacto funcional denota una función sensible que trasciende a la contemplación.

Imagen 2-16

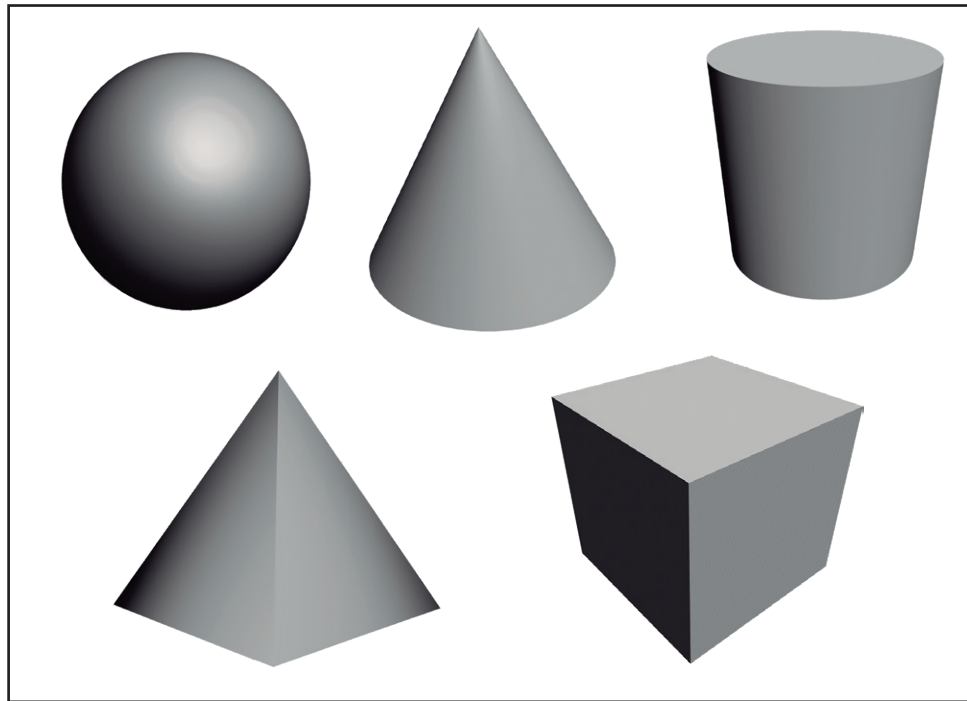
Nota. Adaptado de Gerrit Rietveld, 2020, <https://1.bp.blogspot.com/-2ma7lBrMuKk/XSt5qJMeg2I/AAAAAABwU4/4VNEBWB08xY7996USH5GtIGCJfdmqXdGwClcBGAs/s1600/Rietveld-Red-and-Blue-chair.jpg>



Imagen 2-17

Formas básicas en volumen:
esfera, cono, cilindro,
tetraedro y cubo.

Nota. Ilustración, 2020.
Guevara Terranova Laura Valeria.



La forma de la imagen 2-18 se ha construido agrupando e introduciendo parte de unas esferas dentro de otras. La esfera puede considerarse como la forma básica fundamental, ya que permite conformar infinidad de respuestas formales tridimensionales.

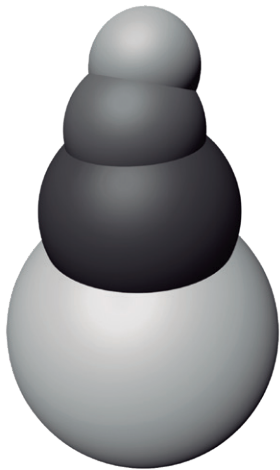


Imagen 2-18

Agrupación de esferas.

Nota. Ilustración, 2020.
Guevara Terranova Laura Valeria.

El cubo, por ser una forma básica tridimensional, permite construir por agrupación otras posibilidades formales y estructurales:

Columna. Se logra cuando se coloca un cubo encima de otro, logrando un crecimiento vertical; si se ubican cubos alternadamente, se logra una columna escalonada.

Viga. Su construcción se puede apreciar cuando se coloca un cubo detrás de otro, o un cubo a la izquierda y a la derecha de otro, logrando un crecimiento horizontal.

Pared. Esta estructura se logra cuando se ubica una columna detrás de otra, o una columna a la izquierda o a la derecha de otra. La pared también se puede lograr colocando una viga encima de otra.

Plancha. Cuando se ubica una viga detrás de otra, o una viga a la izquierda o a la derecha de otra, se logra una plancha horizontal.

Las posibilidades formales se amplían cuando se combinan estas estructuras que pueden convertirse en módulos que permitirán un crecimiento controlado en tres direcciones.

Existen cinco polígonos regulares: el cubo, el tetraedro, el octaedro, el dodecaedro y el icosaedro, que son poliedros que forman un conjunto que se conoce con el nombre de sólidos platónicos. La característica fundamental de estos poliedros es que sus caras son regulares y tienen la misma forma, además, todas sus aristas y todos sus ángulos son iguales.

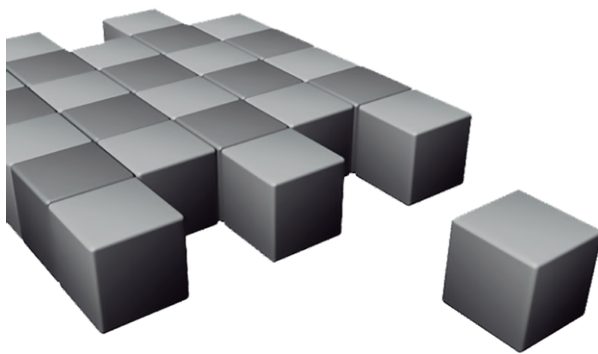


Imagen 2-19

Viga y plancha.

Nota. Ilustración, 2020.
Guevara Terranova Laura Valeria.

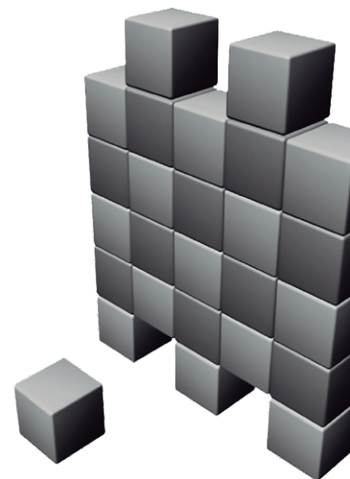


Imagen 2-20

Columna y pared.

Nota. Ilustración, 2020.
Guevara Terranova Laura Valeria.

El cubo tiene ocho vértices (en donde se intersectan sus aristas), doce aristas y seis caras de forma cuadrada. El tetraedro tiene cuatro caras en forma de triángulo equilátero, cuatro vértices y seis aristas. Un octaedro tiene ocho caras en forma de triángulo equilátero, seis vértices y doce aristas. Un dodecaedro se compone de doce caras en forma de pentágono regular, veinte vértices y treinta aristas. El icosaedro tiene veinte caras en forma de triángulo equilátero, doce vértices y treinta aristas.

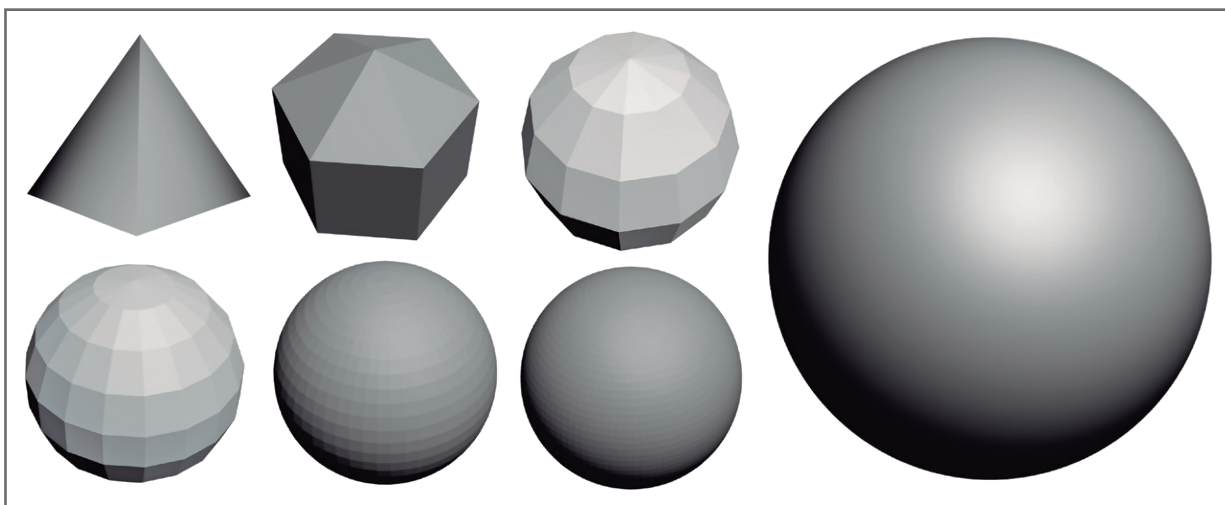


Imagen 2-21 Esfera facetada conformada por polígonos.

Nota. Ilustración, 2020.
Guevara Terranova Laura Valeria.

Una esfera se puede considerar como un poliedro que tiene un número infinito de caras o facetas; de esta manera, un tetraedro sería una aproximación primitiva de la esfera.

Landaverde (1997, p. 343) define a la esfera como: «Un cuerpo sólido generado por un semicírculo que gira alrededor de su diámetro. La superficie esférica puede definirse como el lugar geométrico de los puntos en el espacio que equidistan de un punto fijo llamado centro. En esta situación, topológicamente, se puede hablar de frontera, que es el conjunto de puntos de la esfera de distancia igual al radio; interior, el conjunto de puntos de distancia menor que el radio; exterior, el conjunto de puntos de distancia mayor que el radio».

Es pertinente distinguir entre una esfera sólida que puede fabricarse por mecanizado con arranque de viruta o por moldeo colado, y una esfera hueca que puede fabricarse mediante un desarrollo o moldeo por inyección.

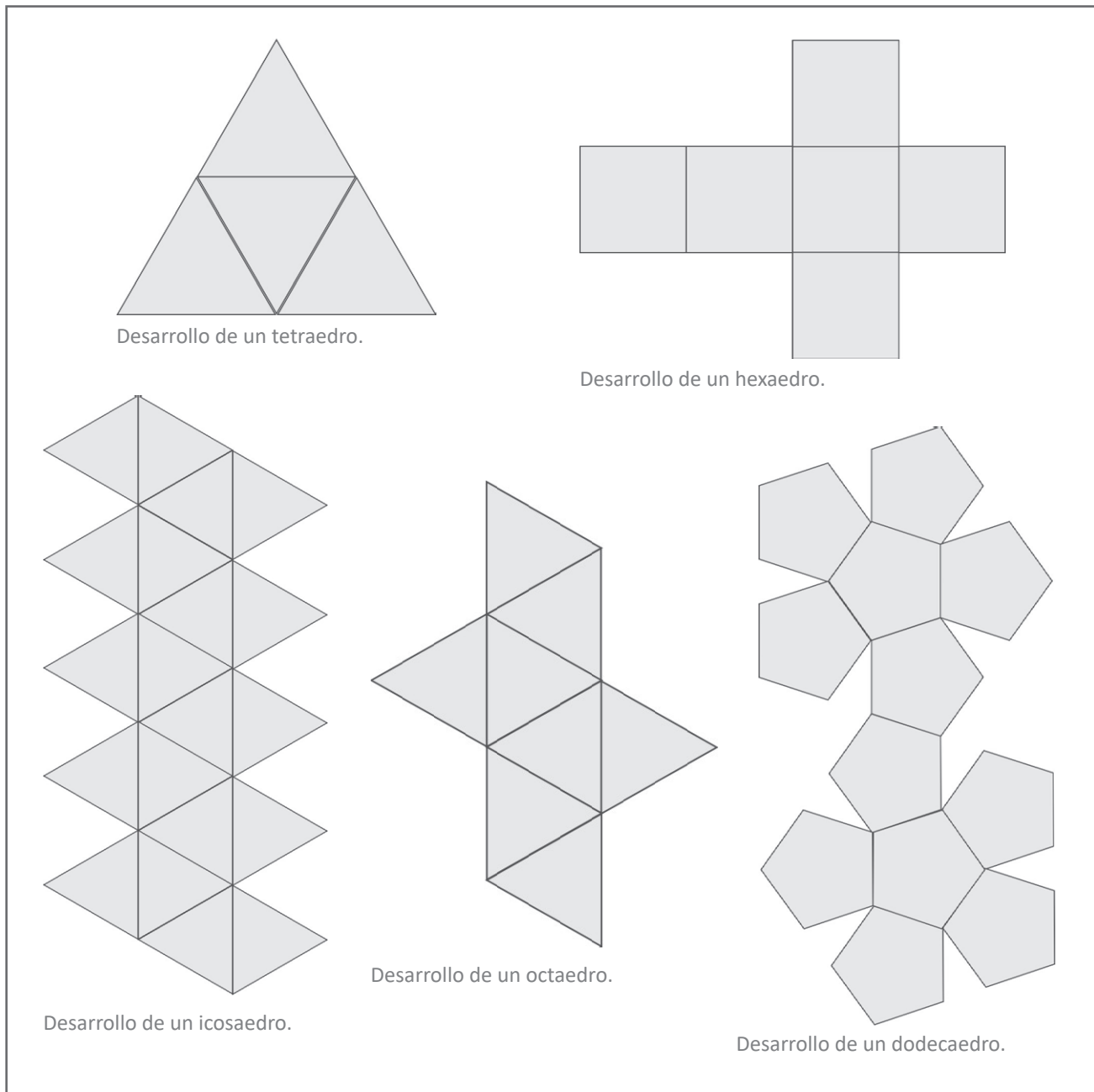


Imagen 2-22

Desarrollo de los sólidos platónicos.

Nota. Ilustración, 2020.

Guevara Terranova Laura Valeria.

Las formas básicas tridimensionales se pueden construir como sólidos macizos de una sola pieza, sin embargo, utilizando un recurso de la geometría descriptiva, es posible visualizar esos volúmenes en forma plana, esto se logra mediante lo que se conoce como desarrollo.

Wellman (1989) afirma que «el desarrollo de una superficie es la figura plana que se obtiene al desdoblarse su figura total en un plano» (p. 298).

El desarrollo se realiza en láminas delgadas y luego mediante dobleces en sus aristas, se puede construir los artefactos tridimensionales.



Imagen 2-23 Círculo, cuadrado y triángulo utilizados como formas básicas para la configuración de artefactos de una colección.



Imagen 2-24 El cuadrado se proyecta en el cubo.



Imagen 2-25 El triángulo se proyecta en el cono.

Nota. Imágenes 2-23 a 2-25. Adaptado de Designs Katachi para Longchamp, 2020, <https://www.designer.com/news/32010>



Imagen 2-26 Estructura modular para división de espacios en oficinas, el artefacto se ha configurado con puntos, líneas y planos, logrando una estructura muy depurada que denota la esencia minimalista de la forma y la funcionalidad.

Nota. Adaptado de Caterina Vianna y Ferran Gesa, 2020, <https://www.designer.com/news/30206>

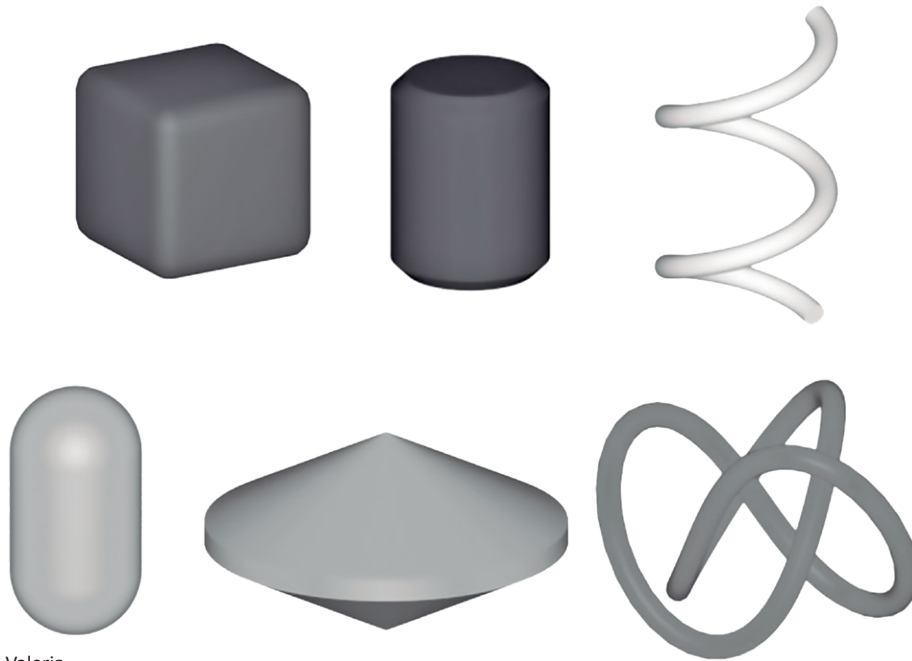


Imagen 2-27

Agrupación y tratamiento de formas básicas.

Nota. Ilustración, 2020.
Guevara Terranova Laura Valeria.

En la imagen 2-27 se pueden observar formas tridimensionales construidas a partir de la agrupación o del tratamiento de formas básicas: cubo y cilindro con aristas redondeadas, espiral con sección circular, cápsula, conos unidos por la base y una estructura orgánica a partir de un tubo.

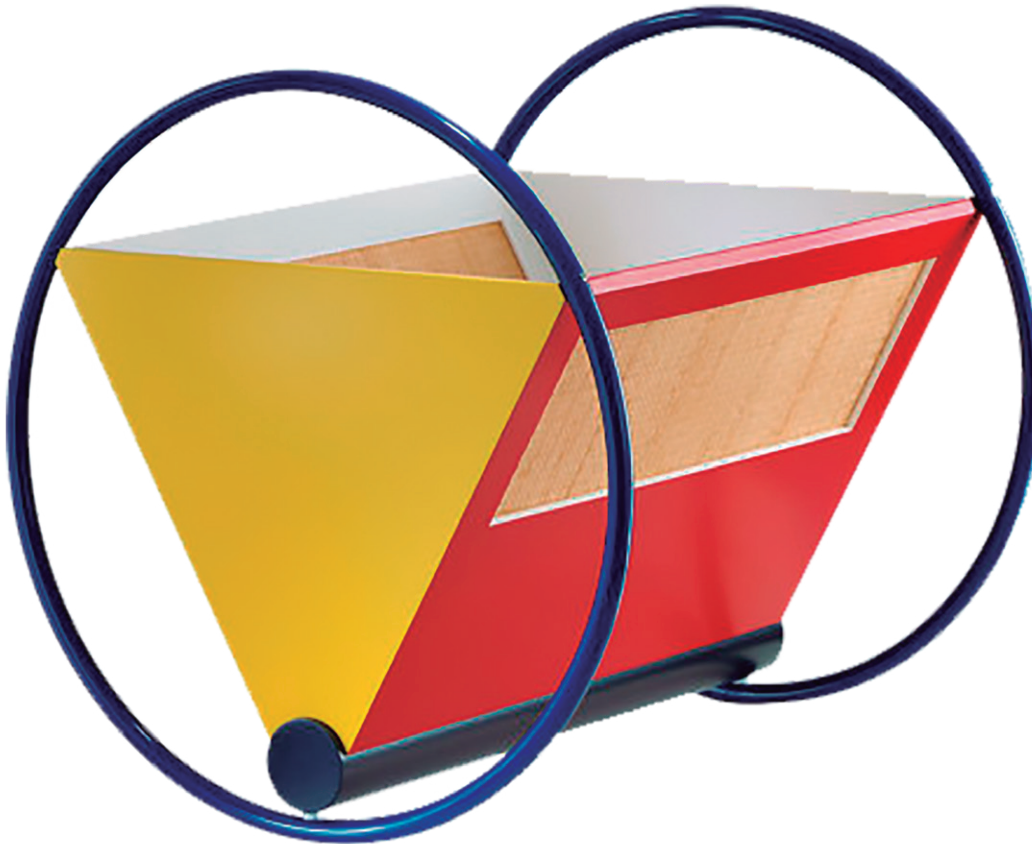


Imagen 2-28

Cuna Bauhaus - diseñada por Peter Keler - Tecta.
Diseño fundamental con base en puntos, líneas y planos.

Nota. Adaptado de Bauhaus, 2020, https://classicdesign.it/media/007/csm_tecta_wiege_blaue_gelb_rot_weiss-lackiert_peter-keler_naturrohgeflecht_persp_3_7ea9643b95.m.jpg



Imagen 2-29

Estructura construida con módulos en forma de esferas, que se enlazan con otras formas cilíndricas que se han intersectado. La forma resultante se vuelve compleja y define una transición de continuidad topológica.

Nota. Ilustración, 2020.

Guevara Terranova Laura Valeria.

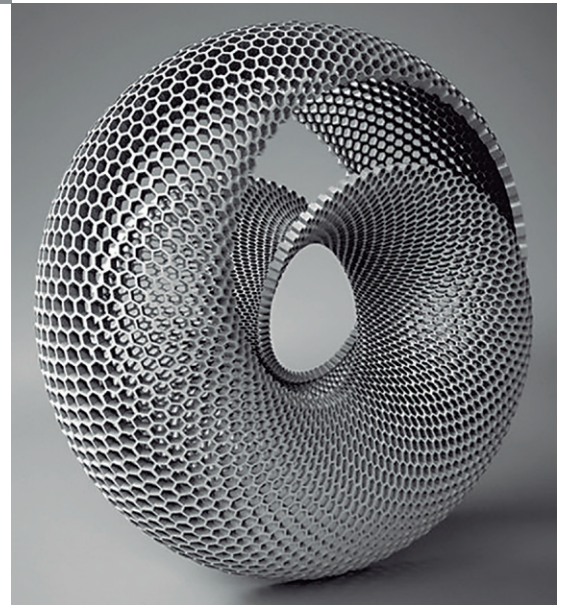


Imagen 2-30

Estructura con forma de toro anular.

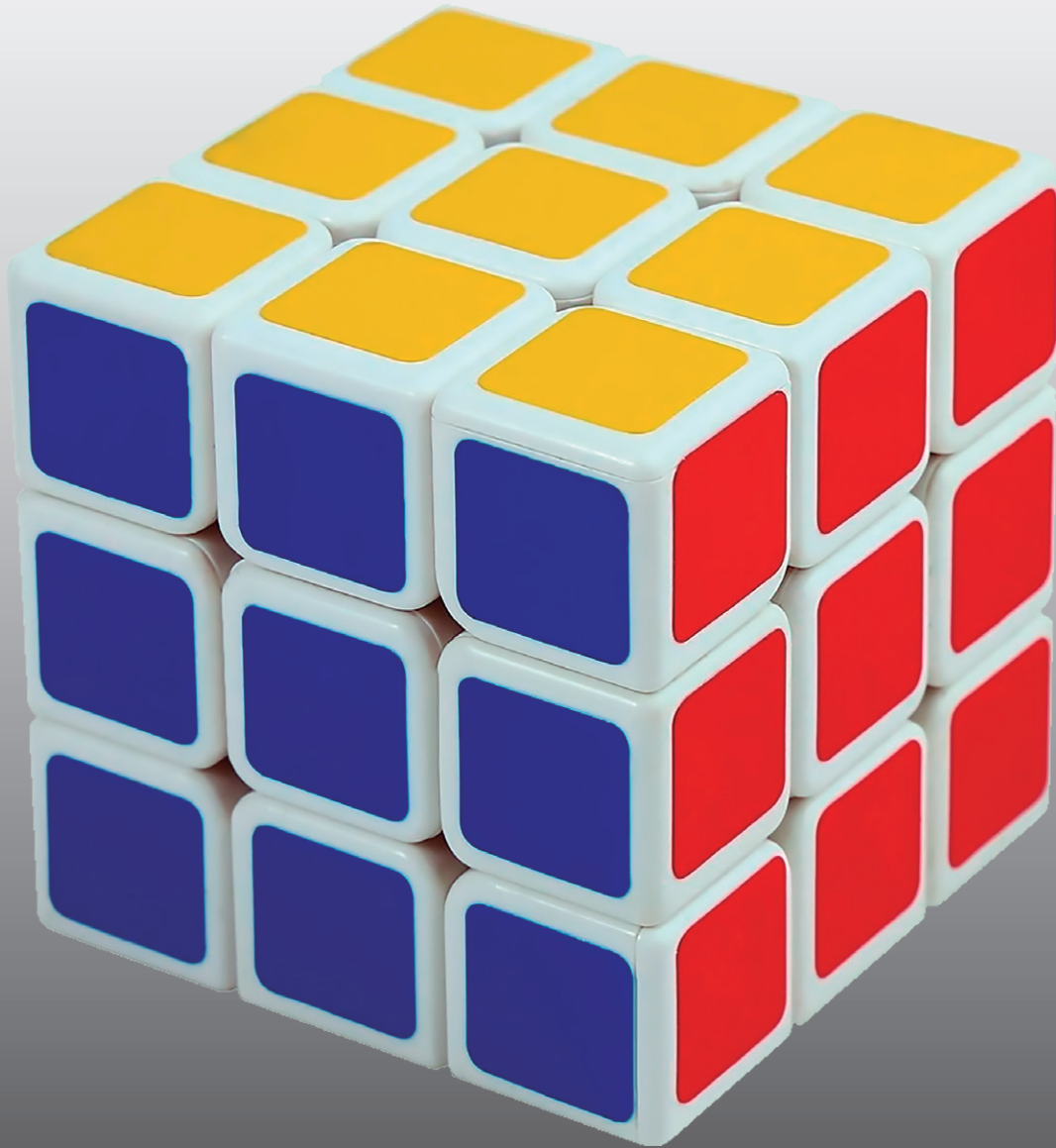
Nota. Ilustración, 2020.

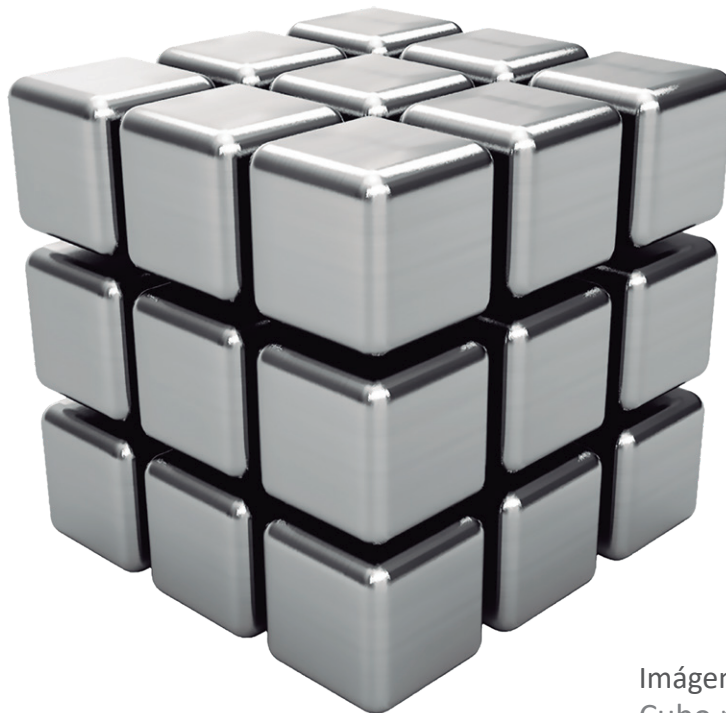
Guevara Terranova Laura Valeria.

Imagen 2-31

Juguete configurado con la esfera truncada como forma principal.

Nota. Adaptado de Rabit, 2020, <https://freepngimg.com/png/33504-wooden-toy-transparent>





Imágenes 2-32 / 2-33
Cubo mágico.

Nota. Adaptado de Cubo mágico, 2020,
<https://www.freepng.es/png-ps150f/>

Ernő Rubik patentó su cubo mágico en 1974.

Su forma cúbica básica fundamental se ha configurado con vigas, columnas planchas y paredes. Es un cubo que se ha construido con cubos, desde ese punto de vista se puede considerar como una estructura cúbica que se compone de celdas tridimensionales cúbicas y que evoca una fractalidad con invarianza de escala, en la que la parte es igual al todo.

Si se analizan las caras del cubo, se percibe una cuadrícula que es una retícula con ritmo simple cuya celda es un cuadrado, el plano resultante es un teselado que se itera con submódulos, módulos y supermódulos.

Los elementos visuales como el color (en su primera versión) están directamente relacionados con el círculo cromático, de tal forma que el artefacto permanece en equilibrio, pues en la cara opuesta de cada color primario se ha utilizado su color complementario, es decir, al polígono rojo le corresponde el polígono verde; al amarillo, el violeta, y al azul, el naranja.

Existen versiones monocromáticas del cubo mágico que ahorran esfuerzo en la solución, pues siempre permanecerán sus caras resueltas.

Los físicos han desarrollado la teoría de la existencia de un mundo tetradimensional, que han denominado hipercubo o tesseracto. Un hipercubo es una dimensión que no se percibe con los sentidos humanos, sin embargo, se vive inmerso en el; se compone de 8 celdas cúbicas, 24 caras cuadradas, 32 aristas y 26 vértices; es la hipersuperficie de un cubo tridimensional.

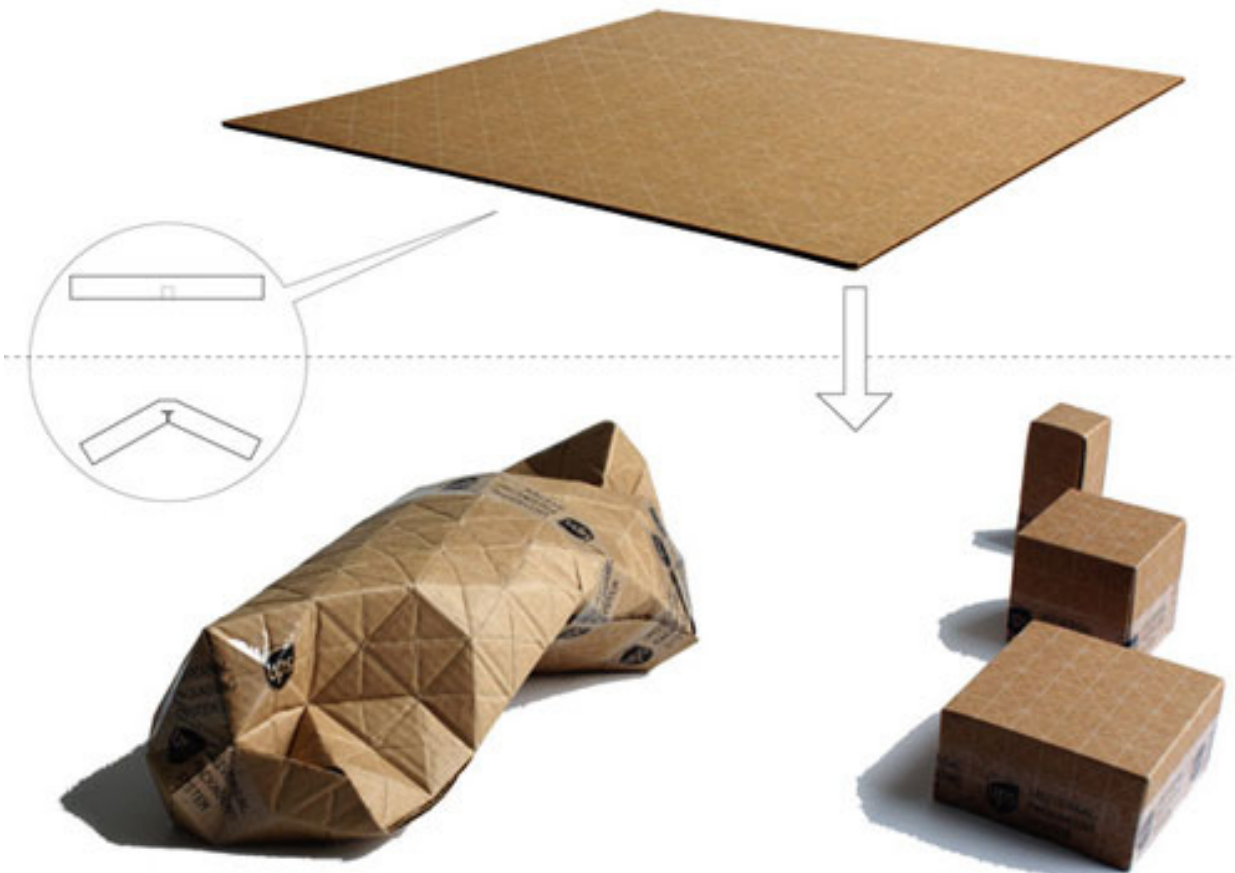


Imagen 2-34.
Sistema de empaque.

Nota. Adaptado de Patrick Sung, 2020,
<https://blogvecindad.com/sistema-universal-de-empaque/>



Imagen 2-35.
Empaque con base en el desarrollo de Patrick Sung.

Nota. Adaptado de Empaque, 2020, <https://www.daz3d.com/forums/uploads/FileUpload/fe/8e7a023c7b17f12936b03c5363547e.png>



Imagen 2-36.

Diseño de lámparas que se configuran mediante un desarrollo a partir de un material laminado, conformando una superficie alabeada.

Nota. Adaptado de Igor Lobanov, 2020, https://www.coroflot.com/a_point/AERONAUTICS-Pendant-Lights

Todo artefacto tridimensional se puede construir mediante desarrollos.

Patrick Sung ideó un sistema de empaque universal tomando como referencia una superficie plana que se ha triangulado. Con la superficie triangular plana es posible envolver cualquier artefacto tridimensional, amoldándose a su configuración.

La triangulación es un recurso de la geometría descriptiva y del modelado paramétrico; se pueden lograr geometrías complejas tridimensionales por medio del desarrollo de una superficie plana triangulada. Entre más pequeña sea el área de la superficie del triángulo, mejor será la resolución y transición de la forma en volumen.

Imagen 2-37.
Esfera por triangulación.

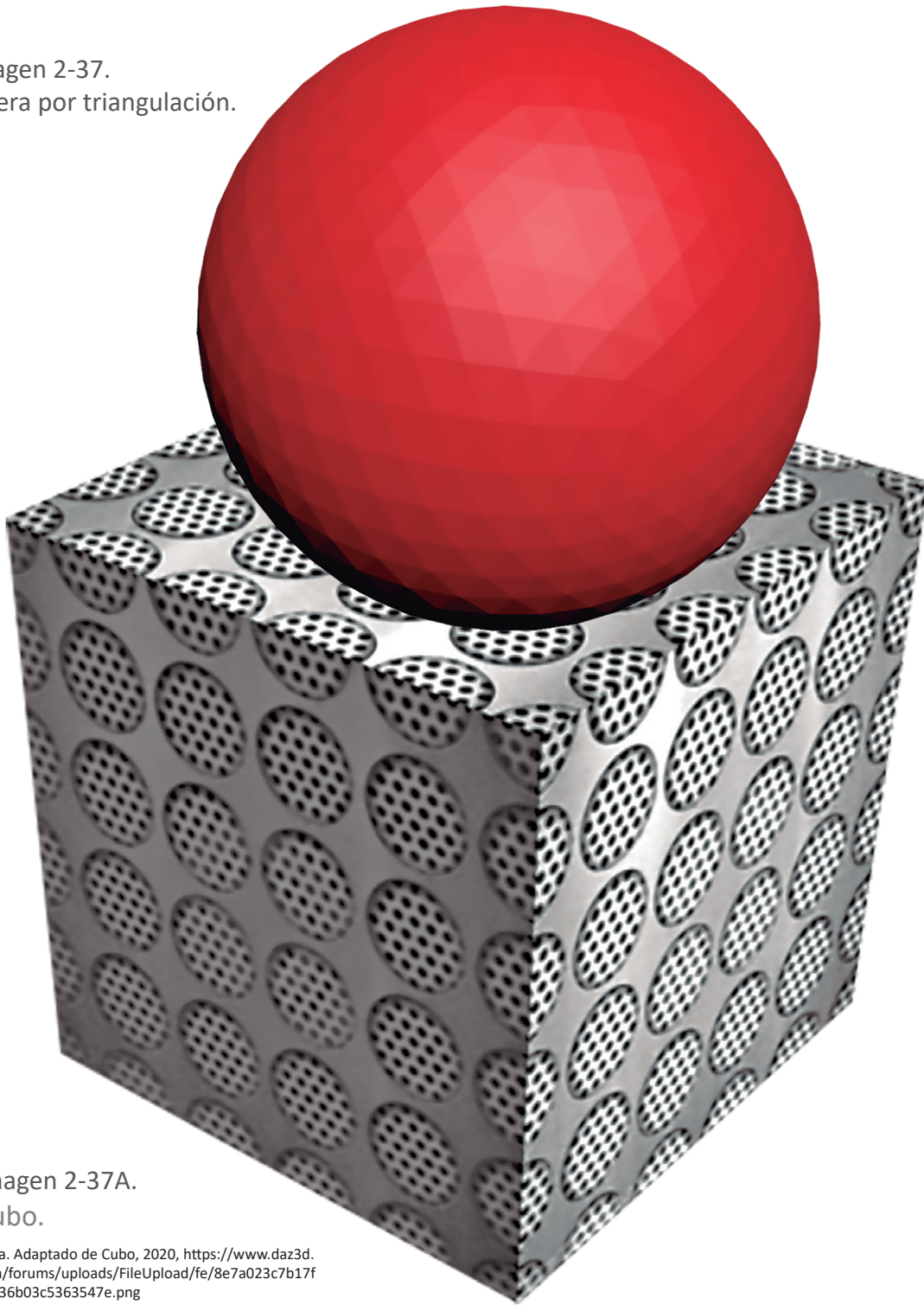


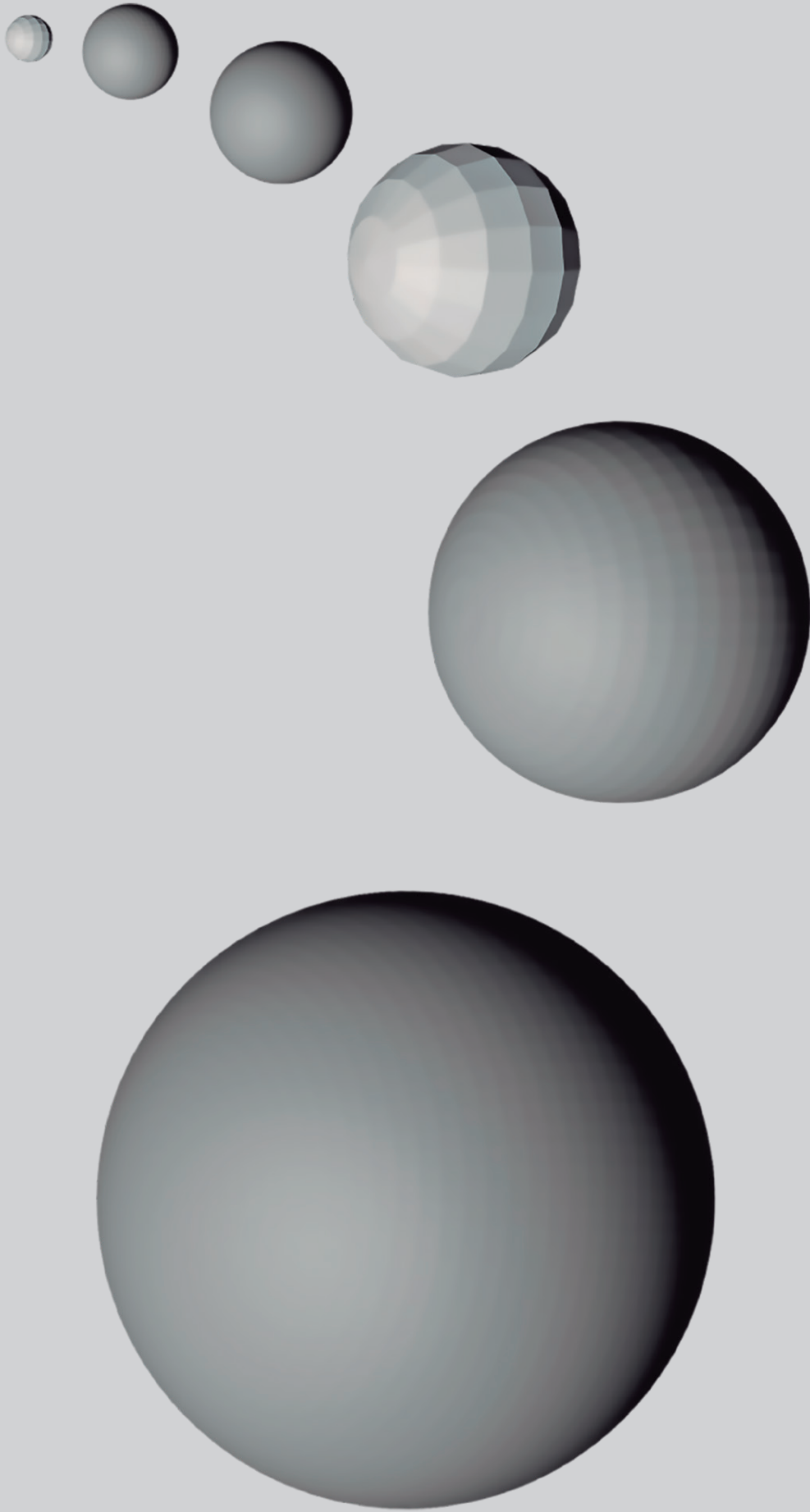
Imagen 2-37A.
Cubo.

Nota. Adaptado de Cubo, 2020, <https://www.daz3d.com/forums/uploads/FileUpload/fe/8e7a023c7b17f12936b03c5363547e.png>

El cubo y la esfera son formas básicas fundamentales para la configuración de artefactos, su aplicación es recurrente en el ámbito del diseño en general. La esfera que se muestra en la imagen se ha modelado con *software* paramétrico, mediante la iteración de un polígono triangular equilátero.

Referencias y fuentes bibliográficas

- EcuRed. (s.f.). *Visión binocular*. Recuperado el 4 de noviembre de 2019 de https://www.ecured.cu/Visi%C3%B3n_binocular
- Guevara, E. (2010). *Diseño industrial. Conceptos para construcción de la forma*. Ediciones UIS.
- Kandinsky, V. (2003). *Punto y línea sobre el plano*. Paidós.
- Landaverde, F. (1987). *Curso de geometría*. Editorial Progreso, S. A.
- Lupton, E. (1994). *El abc de la bauhaus y la teoría del diseño*. Ediciones G. Gilli, S. A.
- Solano, L., Vigo, M. y Puig, A. (2001). *Funciones en el modelado de sólidos y paradigmas de diseño* [Archivo PDF]. <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/97839/R01-46.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Wellman, L. (1989). *Compendio de geometría descriptiva*. Editorial Reverté.
- Wucius, W. (1991). *Fundamentos del diseño bi y tri-dimensional*. Editorial Gustavo



Capítulo

3

Sólidos
platónicos y
derivaciones

Con las formas básicas tridimensionales, cubo, esfera, cilindro y tetraedro, es posible construir estructuras más complejas por agrupación; sin embargo, existen otros poliedros fundamentales, que se conocen como sólidos platónicos y que son aproximaciones primitivas de la esfera.

Los sólidos platónicos pueden derivarse interviniendo sus caras a nuevas configuraciones, ya sea por truncamiento o por adición en sus facetas, obteniendo los poliedros de Arquímedes, los de Catalan y los estrellados.

SÓLIDOS PLATÓNICOS

Orígenes. Es complicado definir con exactitud el origen de los llamados sólidos platónicos.

Díaz (2012, p. 60) afirma que «se tiene referencia de algunas formas similares encontradas en un yacimiento con una data de 2000 años a.C. (neolítico), que hoy se exhiben en el Ashmolean Museum de Oxford» (Ver imagen 3.1). Sin embargo, no hay certeza en que las cinco formas encontradas realmente sean los sólidos platónicos. Según Díaz, «Empédocles (480 – 430 a.C.) asoció formas naturales como el cubo, el tetraedro, el icosaedro y el octaedro con cuatro elementos: tierra, agua, aire y fuego. Posteriormente Platón (447 – 347 a.C.) relacionó el dodecaedro con la sustancia desconocida de la que se componen las estrellas».

Platón se dedicó a estudiar los sólidos comunes en la naturaleza y determinó el número de aristas, el de vértices y los ángulos diedros que forman sus polígonos en el espacio. Es a partir de los estudios y observaciones de Platón que los poliedros regulares, tetraedro, hexaedro, octaedro, dodecaedro y el icosaedro, se conocen como sólidos platónicos.



Imagen 3-1 Supuestos sólidos platónicos procedentes de un yacimiento neolítico en Escocia.

Nota. Adaptado de Platónicos, 2020, <http://samadhicentro.com/wp-content/uploads/2016/04/geometria2.jpg>

Peña (2012, p. 208) dice de Leonardo da Vinci (1452-1519):

Fue la quinta esencia del hombre del Renacimiento: artista, matemático, científico e ingeniero. Gran amante de la geometría, dedicó mucho tiempo al estudio de los sólidos. Su más famosa muestra de los poliedros son las ilustraciones para el libro de Luca Pacioli (1509) *La divina proporción*.

En la imagen 3-2 se puede apreciar un estudio ilustrado de los sólidos platónicos y algunas derivaciones. Nótese la calidad de los trazos y la perspectiva de las ilustraciones de Leonardo da Vinci.

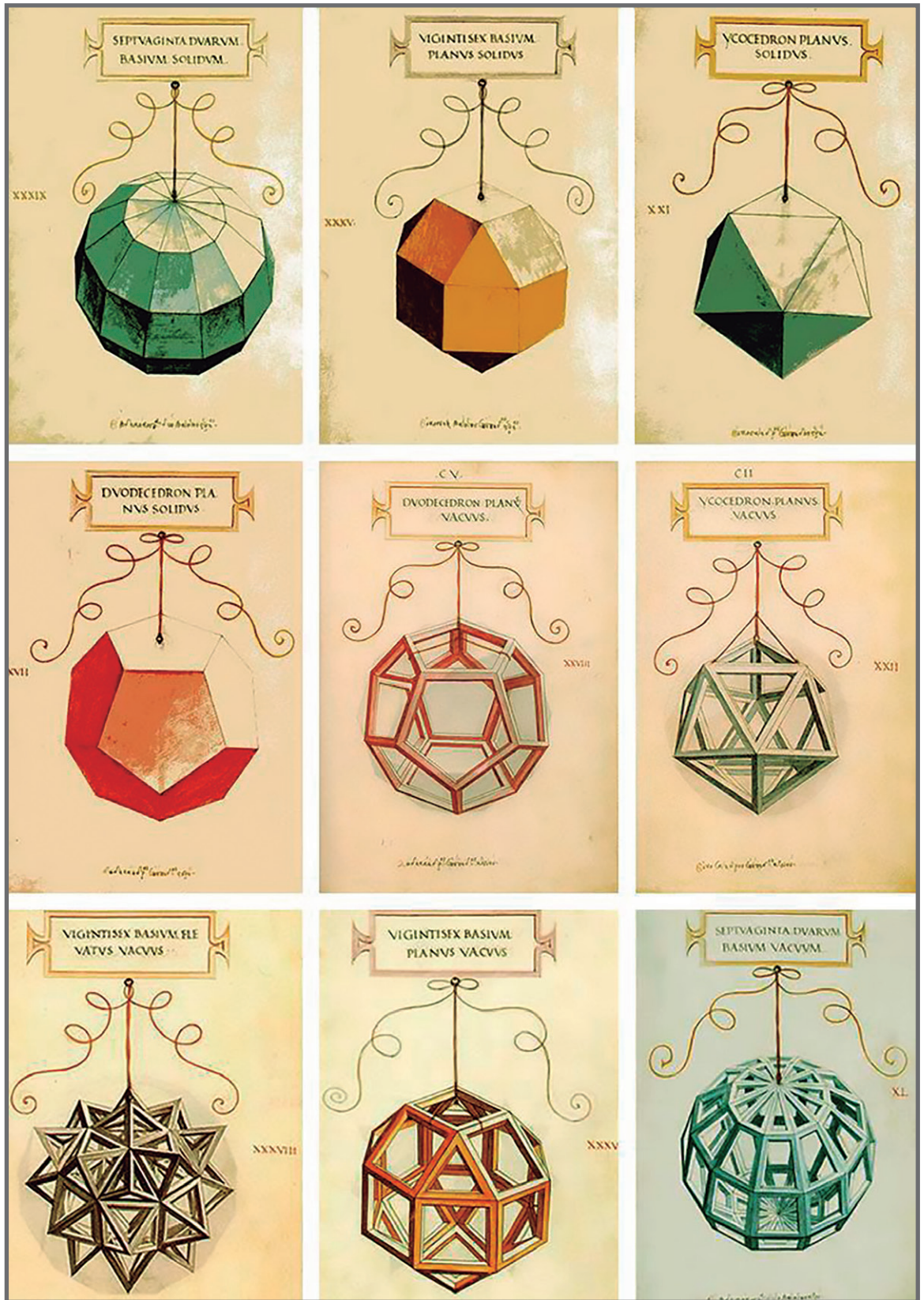


Imagen 3-2

Leonardo da Vinci, ilustraciones para el libro *La divina proporción* de Luca Pacioli.

Nota. Adaptado de Leonardo da Vinci, 2020, <https://i.pinimg.com/originals/41/e2/3f/41e23f895d7b67115045644009e3f61b.jpg>

Propiedades de los sólidos platónicos

Regularidad y esquema

Todas las caras de un sólido platónico son polígonos regulares iguales; en todos los vértices concurren el mismo número de caras y de aristas; las aristas tienen la misma longitud. Todos los ángulos diedros, que se forman en la intersección de dos caras, de un sólido platónico son iguales.

Euler en 1972, según Guillem, p. 2, demostró que «en los sólidos platónicos la suma de las caras, y de los vértices, menos el número de aristas es siempre 2». Esto se conoce como esquema.

Simetría

Pérez (2003) define la simetría como: Del latín *symmetría*, denota que un objeto tiene correspondencia exacta en forma, tamaño y posición entre dos o más de sus partes, lo cual significa que un objeto simétrico podrá ser visto desde dos o más puntos de vista con la misma apariencia (p. 226).

Los sólidos platónicos:

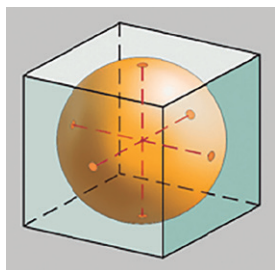
- Tienen simetría central respecto a un punto del espacio (centro de simetría), que equidista de sus caras, de sus vértices y de sus aristas.
- Todos ellos tienen además simetría axial respecto a una serie de ejes de simetría que pasan por el centro de simetría anterior.
- Tienen también simetría especular respecto a una serie de planos de simetría (o planos principales), que los dividen en dos partes iguales.

Esta particularidad permite una simetría que se conoce como aquiralidad, que consiste en que la imagen reflejada es axial, es decir, que se puede encajar sobre sí misma, lo que no ocurre con la quiral, que no es simétrica. En química orgánica una molécula es quiral cuando ella y su imagen en un espejo no son superponibles. La quiralidad se asocia con la presencia de carbonos asimétricos.

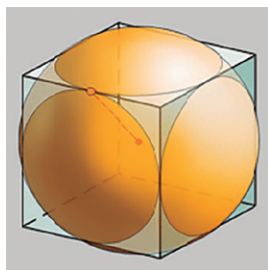
Esferas tangentes. Betancur (2019) afirma:

Es posible ubicar en todo sólido platónico tres esferas, todas ellas centradas en el centro de simetría del poliedro:

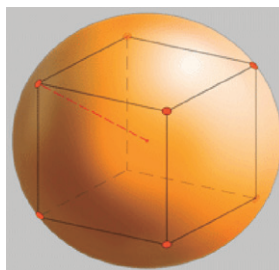
- Una inscrita, tangente a todas sus caras en su centro geométrico (punto medio del polígono).
- Otra media, tangente a todas las aristas en su parte media (la mitad de la arista).
- Una circunscrita, que pasa por todos los vértices del poliedro.



Esfera inscrita en un hexaedro.



Esfera media en un hexaedro.



Esfera circunscrita en un hexaedro.

Imagen 3-3

Conjugación

Si se traza un poliedro empleando como vértices los centros de las caras de un sólido platónico, se obtiene otro sólido platónico, llamado conjugado del primero, con tantos vértices como caras tenía el sólido inicial y el mismo número de aristas.

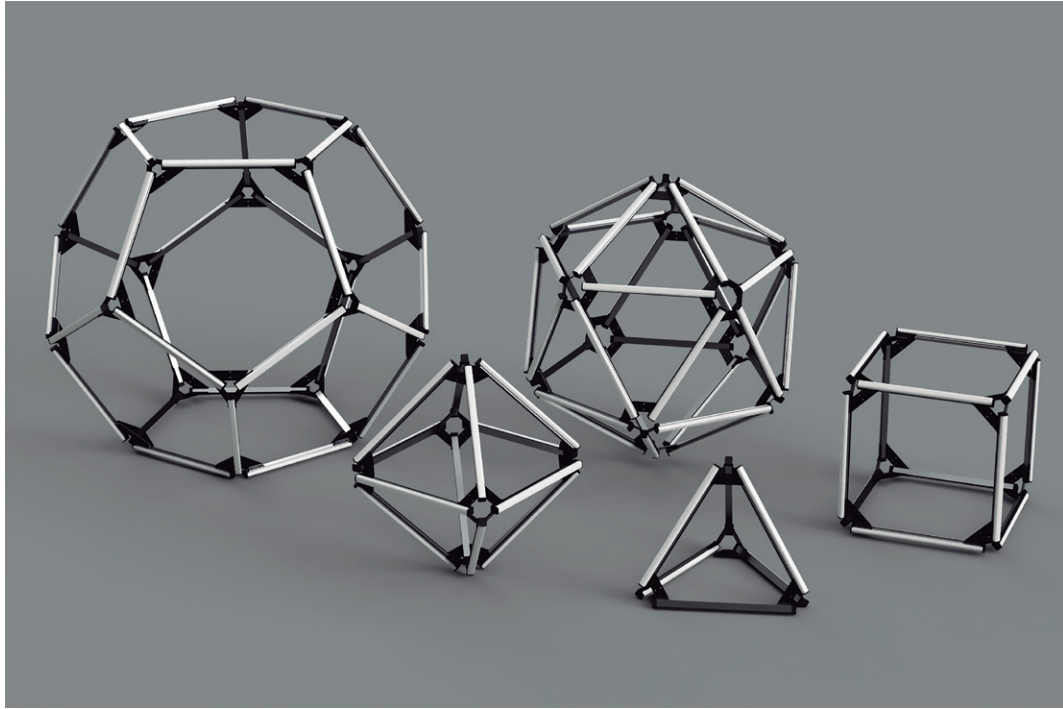
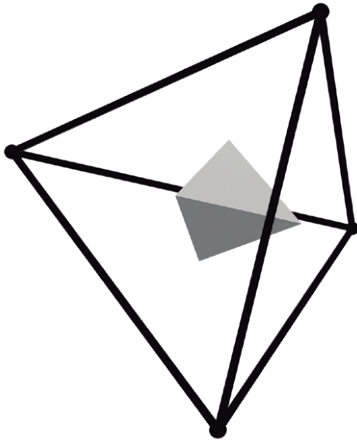


Imagen 3-4

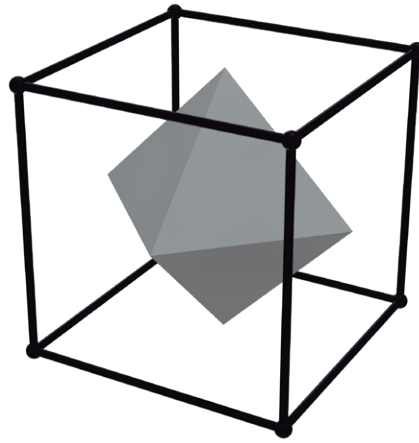
Sólidos platónicos.

Nota. Adaptado de Sólidos Platónicos, 2020, <http://www.garagecube.com/diy-led-accessories/>

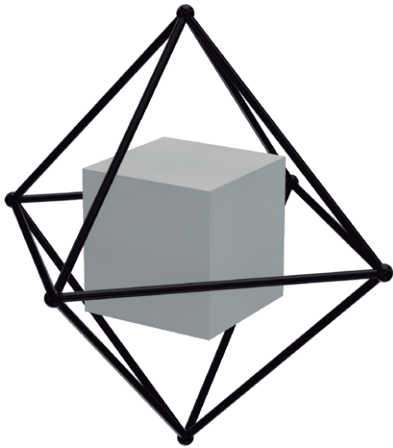
Sólidos platónicos				
Nombre	Caras	Aristas	Vértices	Conjugado
Tetraedro	4 triángulos equiláteros	6	4	Tetraedro
Hexaedro	6 cuadrados	12	8	Octaedro
Octaedro	8 triángulos equiláteros	12	6	Hexaedro
Dodecaedro	12 pentágonos	30	20	Icosaedro
Icosaedro	20 triángulos equiláteros	30	12	Dodecaedro



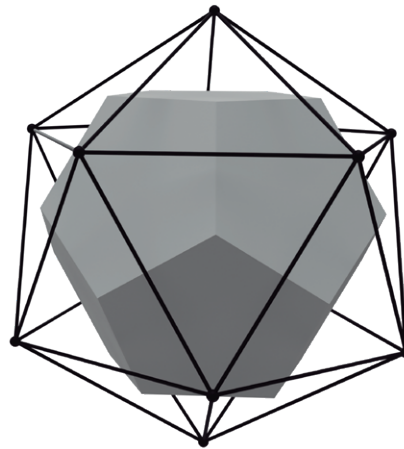
El conjugado de un tetraedro es un tetraedro.



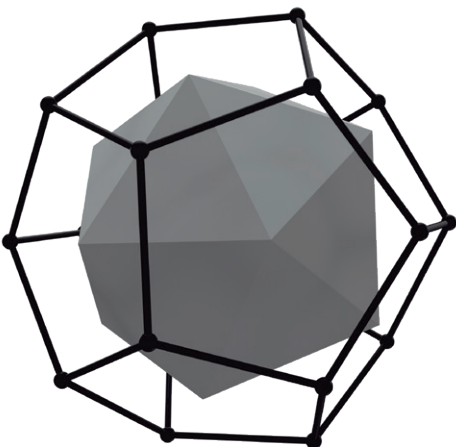
El conjugado de un hexaedro es un octaedro.



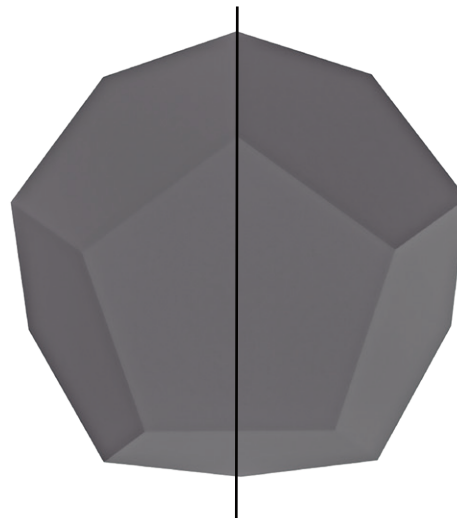
El conjugado de un octaedro es un hexaedro.



El conjugado de un icosaedro es un dodecaedro.



El conjugado de un dodecaedro es un icosaedro.

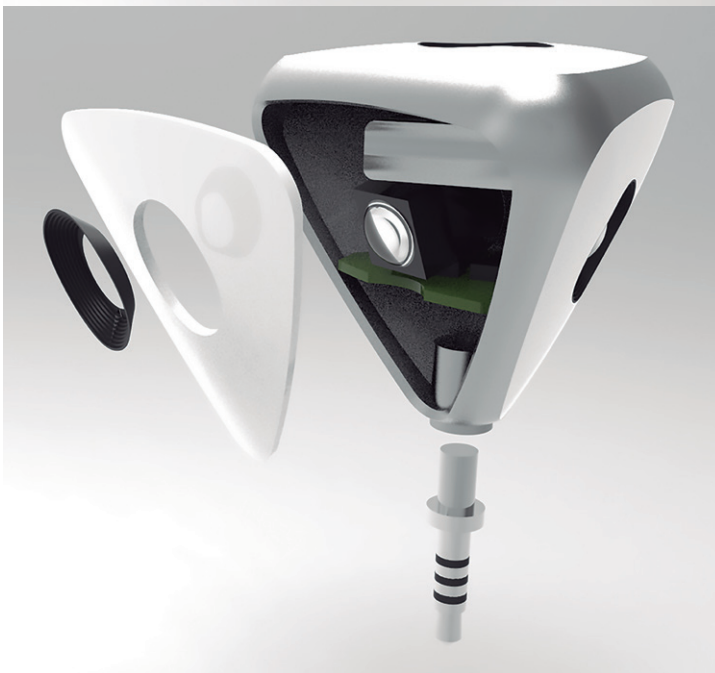


Simetría axial de un icosaedro.

Imagen 3-5

Conjugados de los sólidos platónicos.

Nota. Ilustración, 2020. Guevara Terranova Laura Valeria.



Cámara con forma de tetraedro, diseñada por Diego Miralles.

Se puede observar que en cada una de las caras del tetraedro se ha posicionado una cámara digital, de tal manera que es posible capturar imágenes en 360 grados.

Obsérvese que las aristas se han redondeado, lo que mejora su coherencia formal y eurítmica por catamorfía.

Imagen 3-6

Cámara digital.

Nota. Adaptado de Miralles, 2020, <https://www.coroflot.com/diegomiralles/Spherical-Camera>

SÓLIDOS DE ARQUÍMEDES

Los sólidos de Arquímedes son derivaciones de los sólidos platónicos.

Arguedas (2014, p. 5) menciona que: Los sólidos de Arquímedes son un grupo de poliedros convexos cuyas caras son polígonos regulares de dos o más tipos. Todos los sólidos platónicos son de vértices uniformes, sin embargo solamente dos de los sólidos arquimedianos la tienen, el cuboctaedro y el icosidodecaedro.

Peña (2012) describe que: Cortando adecuadamente los poliedros regulares o de Platón se obtienen otros poliedros que tienen todas sus caras regulares pero no iguales (aunque sí de la misma arista). A estos poliedros se les llama arquimedianos, en honor a Arquímedes que los describió por primera vez, o semirregulares ya que mantienen la regularidad de las caras y de los vértices, aunque no la igualdad de las caras (p. 204).

Siete sólidos arquimedianos se pueden obtener truncando sólidos platónicos: el tetraedro truncado, el cuboctaedro, el cubo truncado, el octaedro truncado, el icosidodecaedro, el dodecaedro truncado y el icosaedro truncado.

Los dos rombicuboctaedros se pueden obtener a partir del cuboctaedro mediante sucesivas operaciones de truncamiento y desplazamiento radial de las caras. De forma similar, los dos rombicoidodecaedros se pueden obtener a partir del icosidodecaedro mediante sucesivas operaciones de truncamiento y desplazamiento radial de las caras.

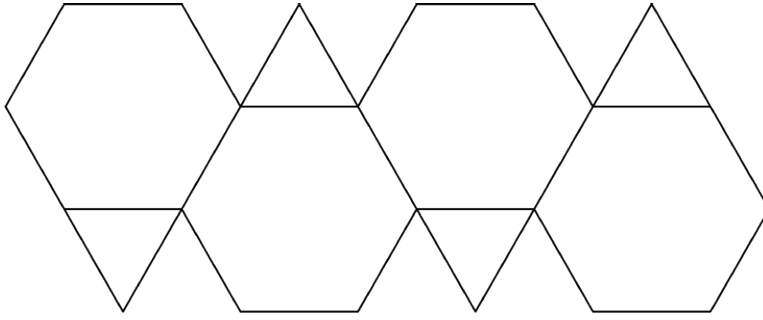
En Trazoide (2016) se encuentra la siguiente afirmación: la notación de Schäfli en los poliedros consiste en dos números dentro de unos corchetes y separados por comas, por ejemplo $\{p, q\}$, siendo p el número de lados que tiene el polígono que forma las caras, y q el número de ellas que concurren en cada vértice. Así el tetraedro se simbolizara como $\{3, 3\}$, donde el primer 3 significa que cada cara tiene tres lados (un triángulo), y el segundo 3 indica que en cada vértice concurren tres caras. Así los símbolos de Schäfli para los cinco poliedros regulares son: tetraedro $\{3, 3\}$, cubo $\{4, 3\}$, octaedro $\{3, 4\}$, dodecaedro $\{5, 3\}$ e icosaedro $\{3, 5\}$.

El símbolo de Schäfli en los polígonos estrellados consiste en dos números dentro de unos corchetes y separados por una barra horizontal (como en una fracción), por ejemplo $\{p/q\}$, siendo p el número de vértices del polígono inicial, y q el número de vértices que se deben de saltar para unir un vértice con otro (p. 1).

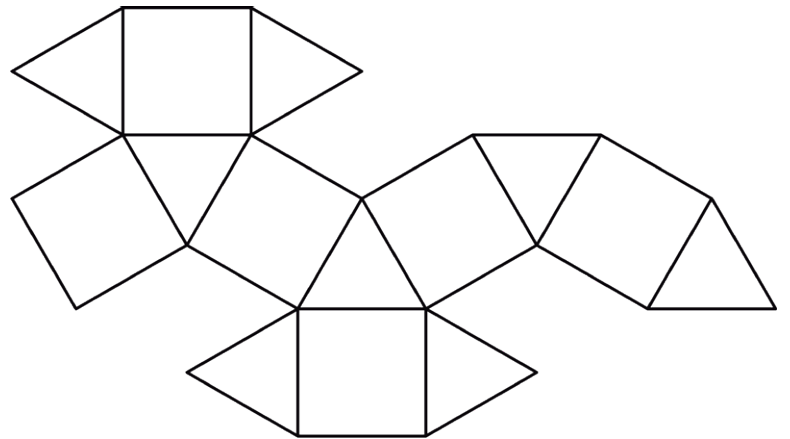
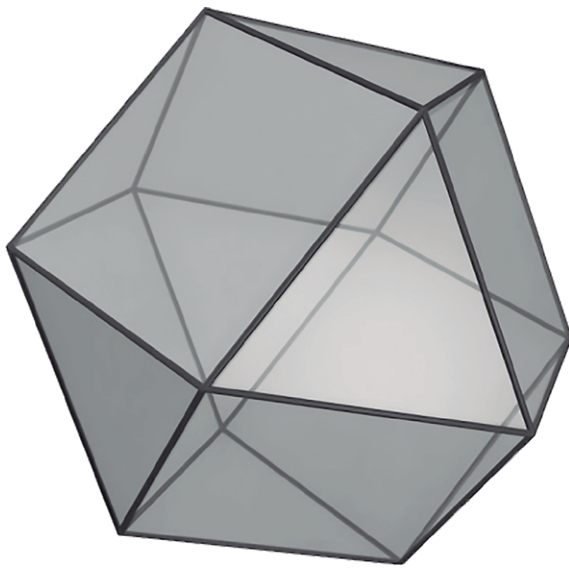
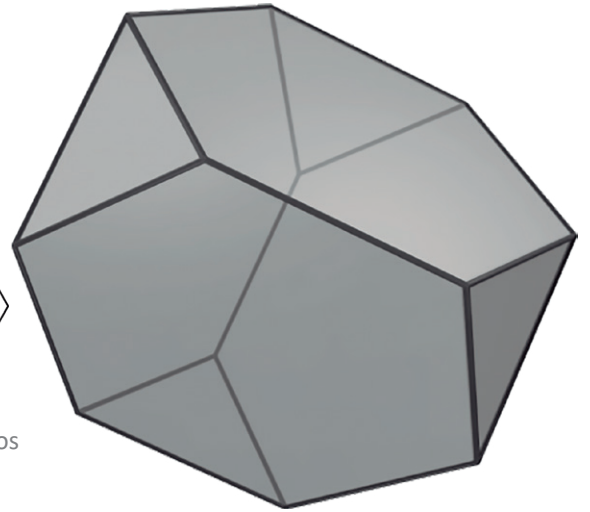
Tanto los sólidos platónicos como los de Arquímedes se pueden considerar como aproximaciones de la esfera; por ejemplo, si a un hexaedro se le realizan truncamientos iterativamente en sus vértices, se puede obtener un esferoide con infinitud de caras poligonales, tal como se puede apreciar en un domo geodésico (ver Gráficos 3-1, 3-2, 3-3, 3-4 y 3-5).

Gráfico 3-1

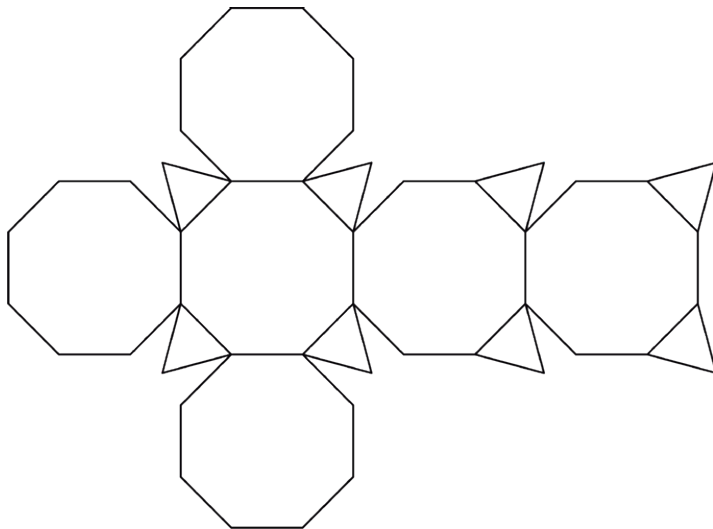
Nota. Ilustración, 2020.
Guevara Terranova Laura Valeria.



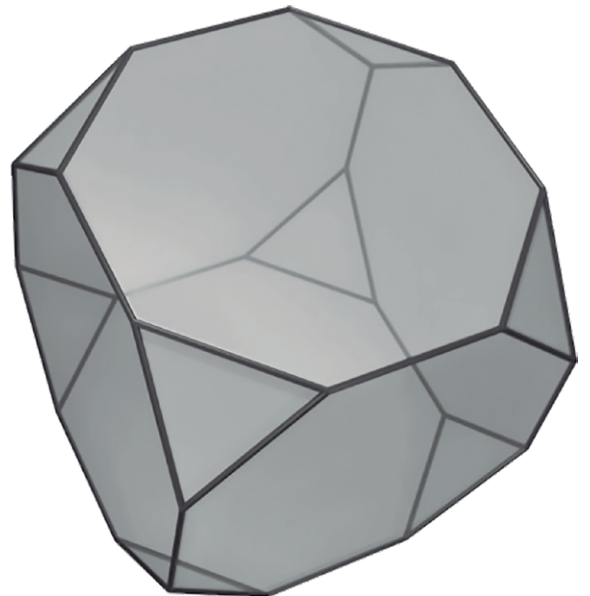
Desarrollo del tetraedro truncado: 4 hexágonos regulares, 4 triángulos equiláteros, 18 aristas y 12 vértices.

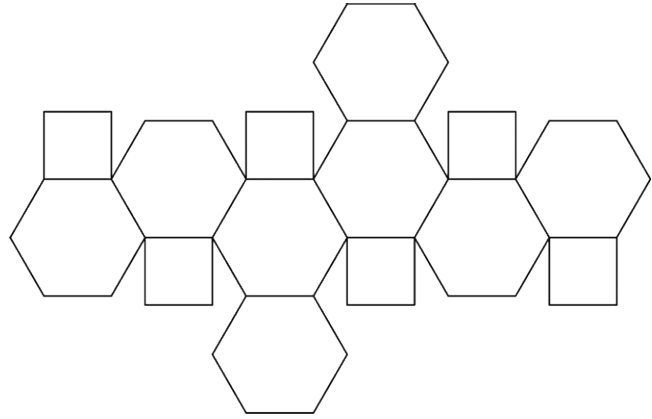
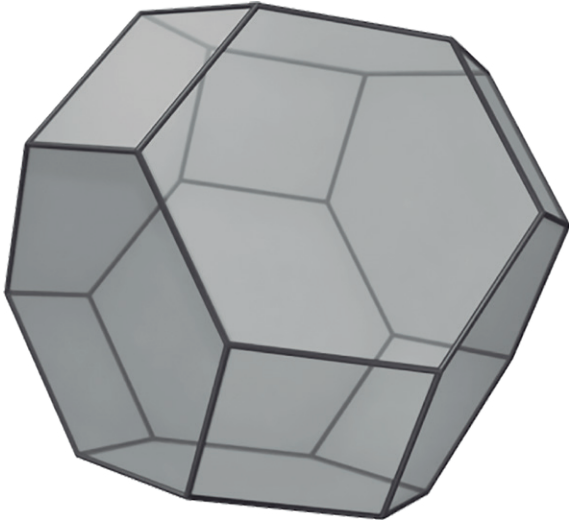


Desarrollo del cuboctaedro: 6 cuadrados, 8 triángulos equiláteros, 24 aristas y 12 vértices.

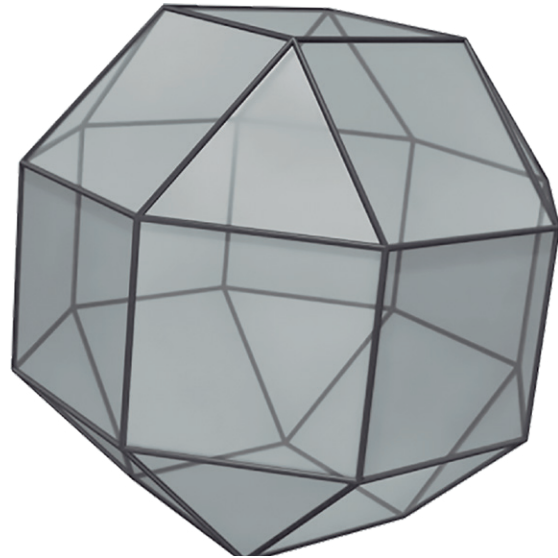
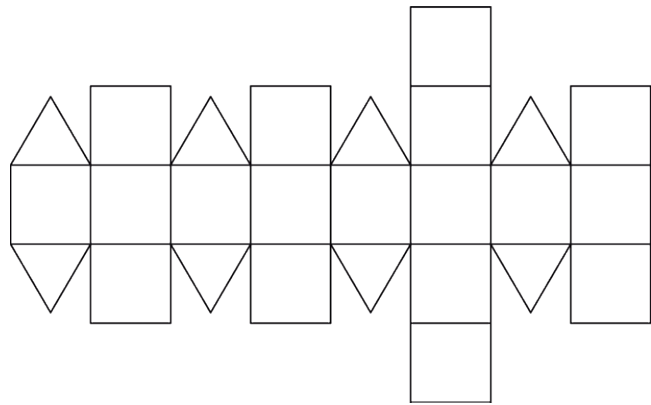


Desarrollo del cubo truncado: 6 octágonos regulares, 8 triángulos equiláteros, 36 aristas y 24 vértices.

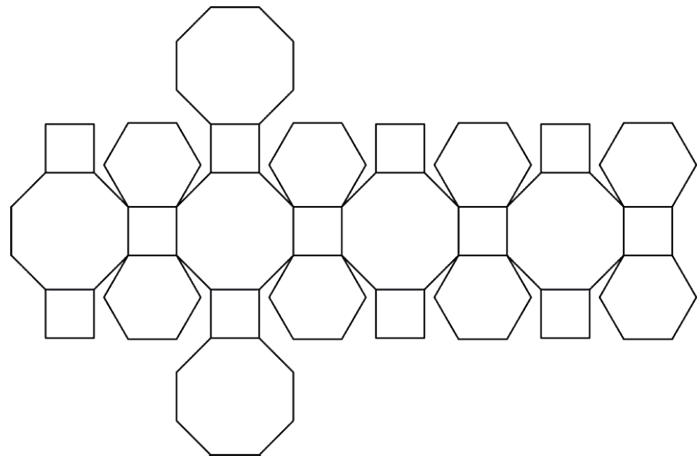
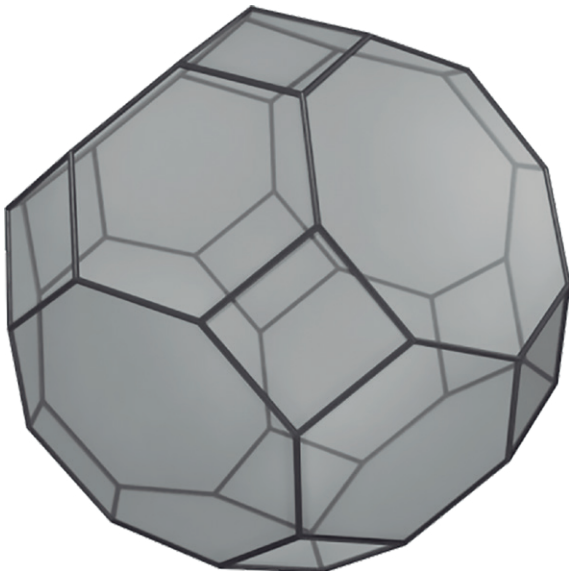




Desarrollo del octaedro truncado: 8 hexágonos regulares, 6 cuadrados, 36 aristas y 24 vértices.



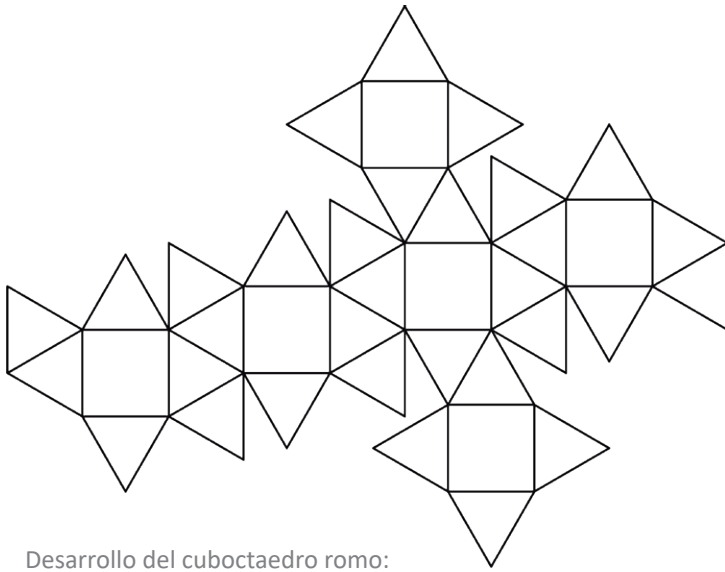
Desarrollo del rombicuboctaedro menor: 8 triángulos equiláteros, 18 cuadrados, 48 aristas y 24 vértices.



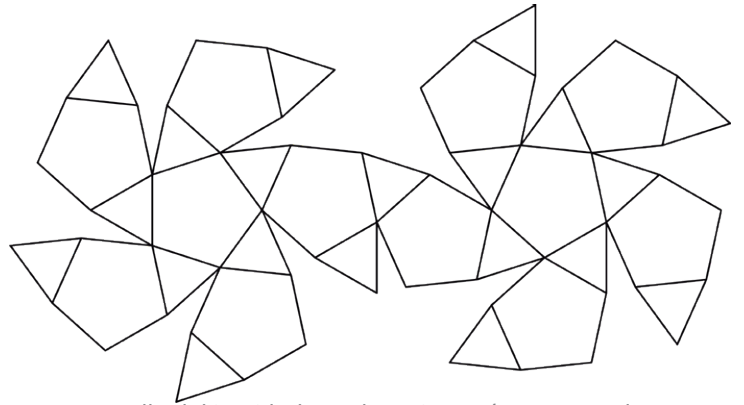
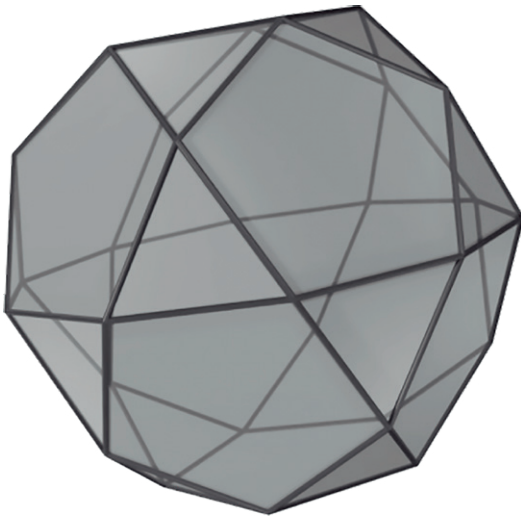
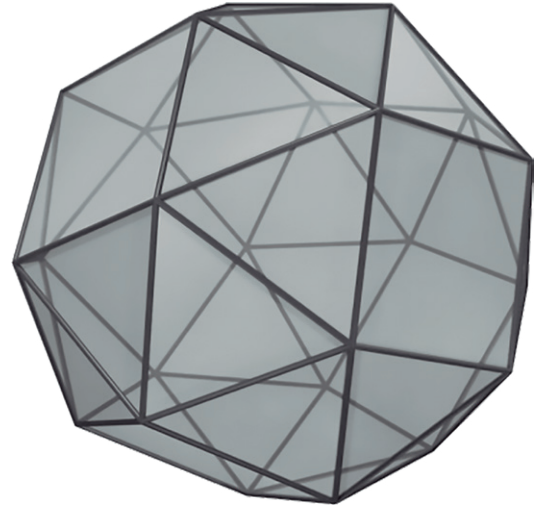
Desarrollo del rombicuboctaedro mayor: 6 octógonos regulares, 8 hexágonos regulares, 12 cuadrados, 72 aristas y 48 vértices.

Gráfico 3-2

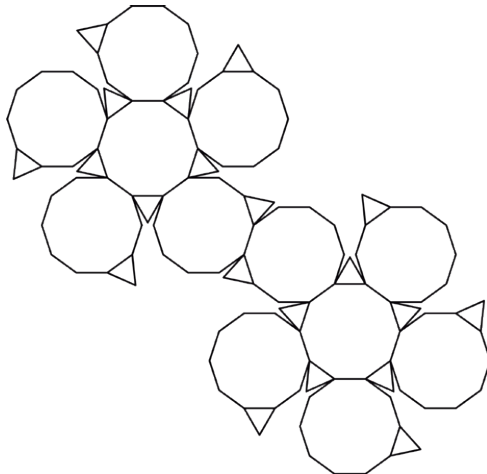
Nota. Ilustración, 2020.
Guevara Terranova Laura Valeria.



Desarrollo del cuboctaedro romo:
32 triángulos equiláteros, 6
cuadrados, 60 aristas y 24 vértices.



Desarrollo del icosidodecaedro: 12 pentágonos regulares,
20 triángulos equiláteros, 60 aristas y 30 vértices.



Desarrollo del dodecaedro truncado: 12
decágonos regulares, 20 triángulos equiláteros,
90 aristas y 60 vértices.

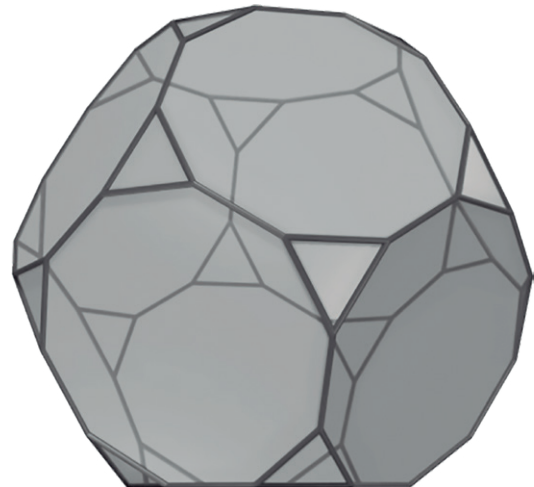
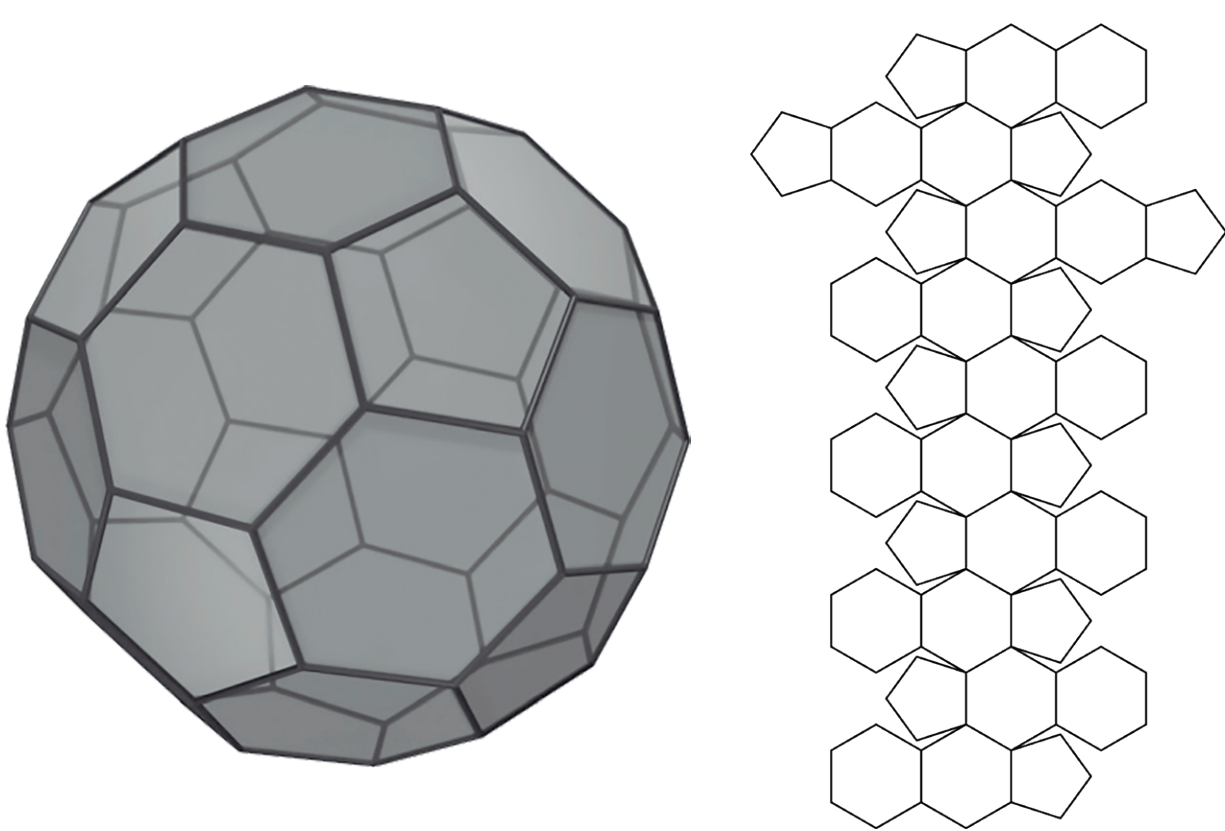
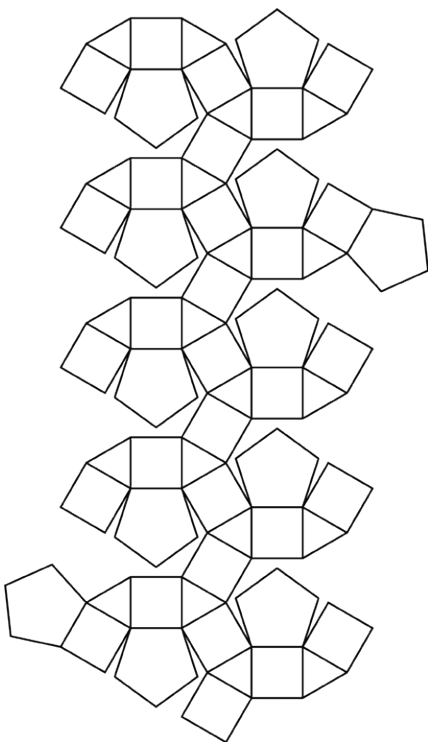


Gráfico 3-3

Nota. Ilustración, 2020.
Guevara Terranova Laura Valeria.



Desarrollo del icosaedro truncado: 20 hexágonos regulares, 12 pentágonos regulares, 12 cuadrados, 90 aristas y 60 vértices.



Desarrollo del rombicuboctaedro menor:
12 pentágonos regulares, 30 cuadrados, 20,
triángulos equiláteros, 120 aristas y 60 vértices.

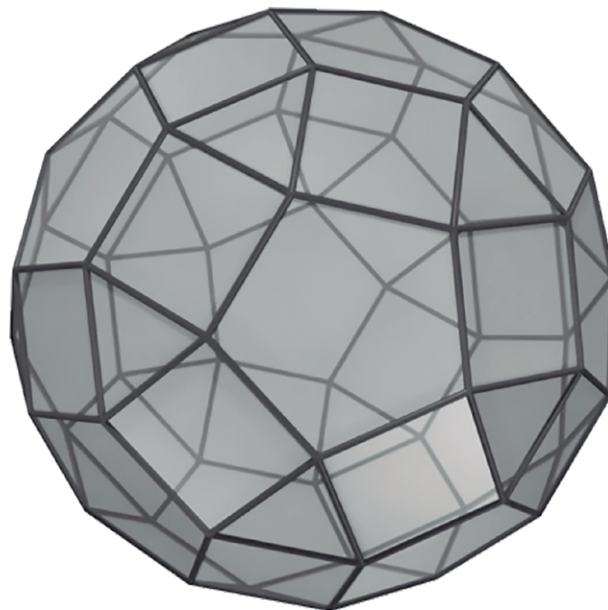
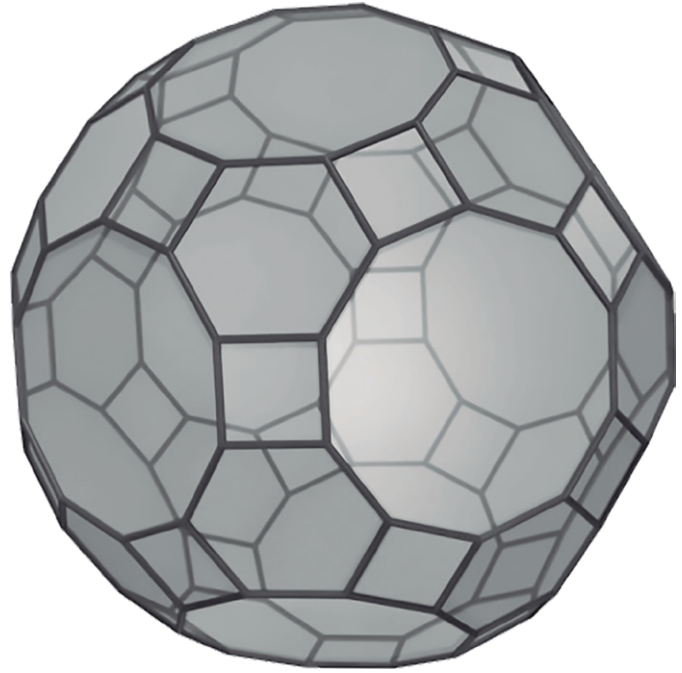
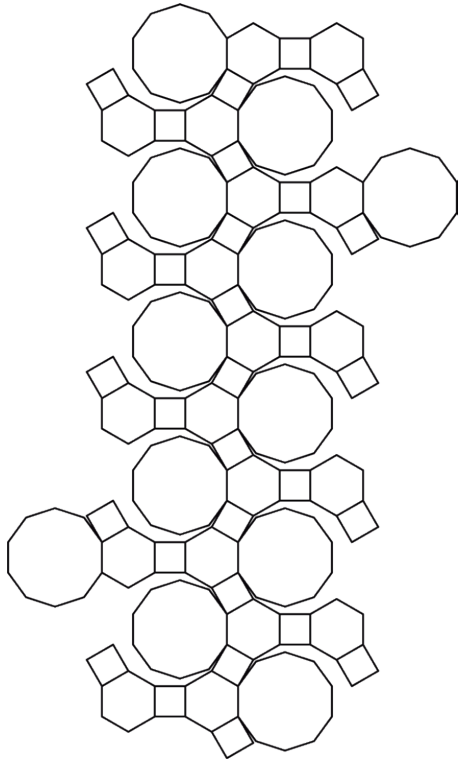


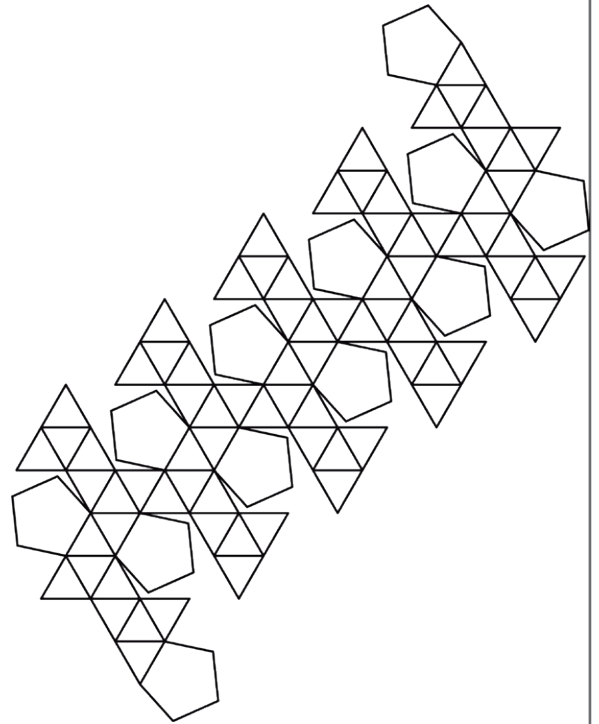
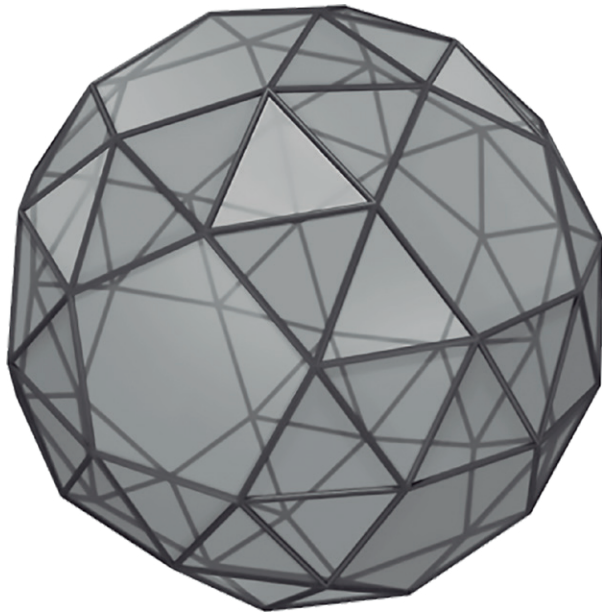
Gráfico 3-4

Nota. Ilustración, 2020.

Guevara Terranova Laura Valeria.



Desarrollo del icosidodecaedro truncado: 12 decágonos regulares 20 hexágonos regulares, 30 cuadrados, 180 aristas y 120 vértices.



Desarrollo del dodecaedro romo: 12 pentágonos regulares, 80 triángulos equiláteros, 150 aristas y 60 vértices.

Gráfico 3-5

Nota. Ilustración, 2020.
Guevara Terranova Laura Valeria.

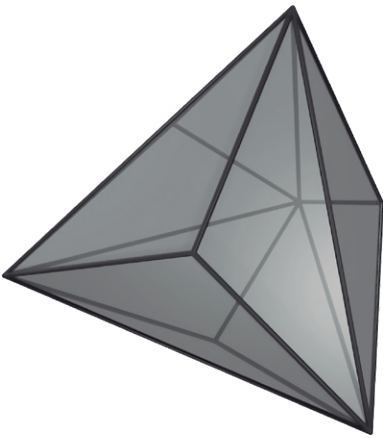


SÓLIDOS DE CATALAN

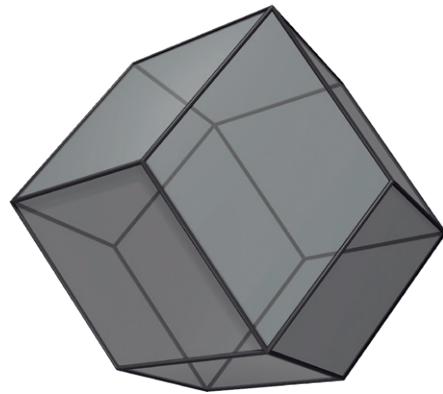
Estos sólidos son una familia de poliedros que se generan con el dual o conjugado de los sólidos de Arquímedes; fueron nombrados así por el matemático belga Eugène Charles Catalan.

Según Flórez (2016), «En el siglo XIX, Eugène Catalan (1814-1894), retoma los sólidos de Arquímedes, y crea unos nuevos con base en los puntos medios de cada polígono, obteniendo otros poliedros con caras iguales, pero no regulares». Los ángulos diedros son iguales en todo el poliedro.

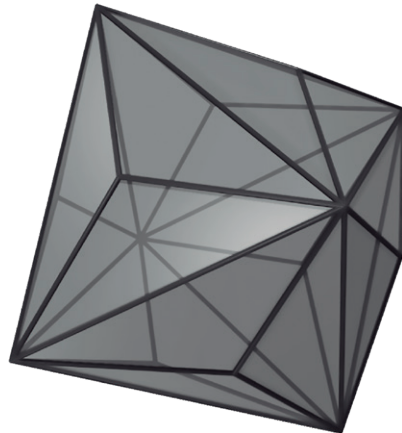
Son 13 los sólidos de Catalan: el triaquistetraedro, el dodecaedro rómbico, el triaquisoctaedro, el tetraquishexaedro, el icositetraedro deltoidal, el hexaquisoctaedro, el icositetraedro pentagonal, el triacontaedro rómbico, el triaquisicosaedro, el pentaquisdodecaedro, el hexecontaedro deltoidal, el hexaquisicosaedro y el hexecontaedro pentagonal (ver Gráficos 3-6A, 3-6B).



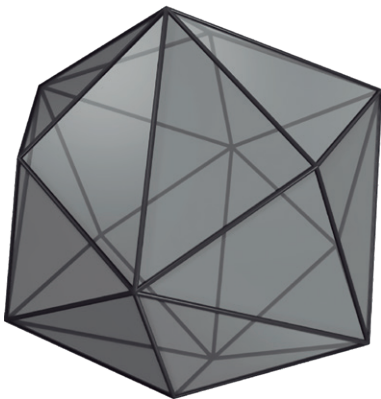
1. Triaquistetraedro o tetraedro triakis: Es el conjugado del tetraedro truncado, 12 triángulos isóceles, 18 aristas y 8 vértices.



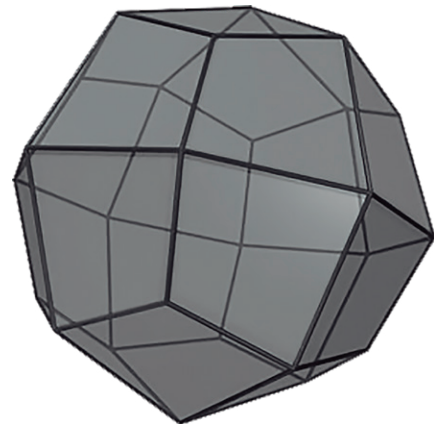
2. Rombododecaedro o dodecaedro rómbico: Es el conjugado del cuboctaedro, 12 rombos, 24 aristas y 14 vértices.



3. Triaquisoctaedro u octaedro triakis: Es el conjugado del cubo truncado, 24 triángulos isóceles, 36 aristas y 14 vértices.



4. Tetraquishexaedro o hexaedro tetrakis: Es el conjugado del octaedro truncado, 24 triángulos isóceles, 36 aristas y 14 vértices.

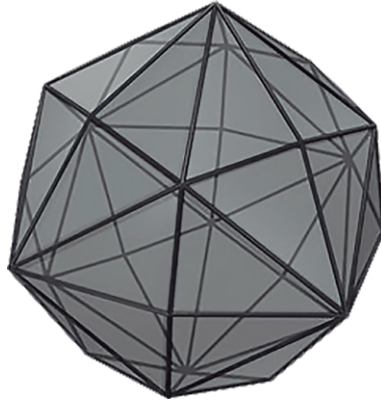


5. Icositetraedro deltoidal: Es el conjugado del rombicuboctaedro, 24 deltoides, 48 aristas y 26 vértices.

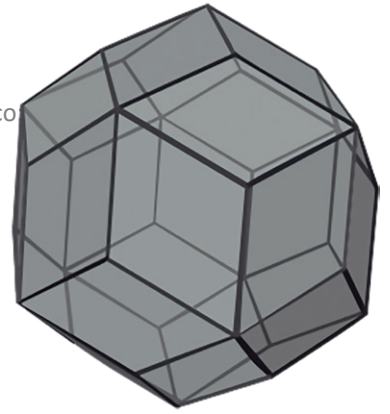
Gráfico 3-6A

Nota. Ilustración, 2020.
Guevara Terranova Laura Valeria.

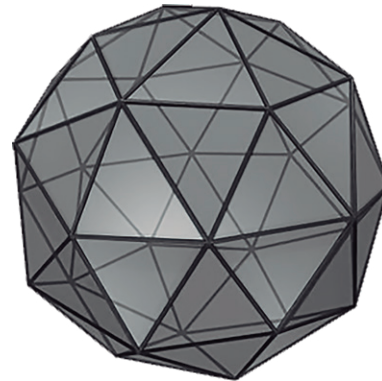
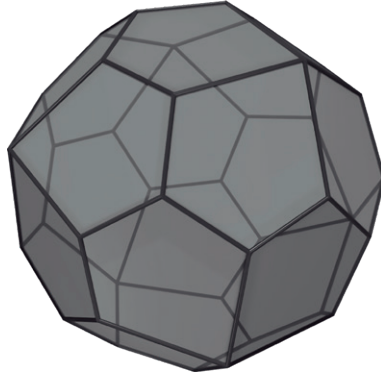
6. Hexakisoctaedro, disdiakisidodecaedro, octaedro hexakis o dodecaedro disdiakis: Es el conjugado del cuboctaedro truncado, 48 triángulos escalenos, 72 aristas y 26 vértices.



7. Triacentaedro rómbico Es el conjugado del icosidodecaedro, 30 rombos, 60 aristas, 32 vértices.

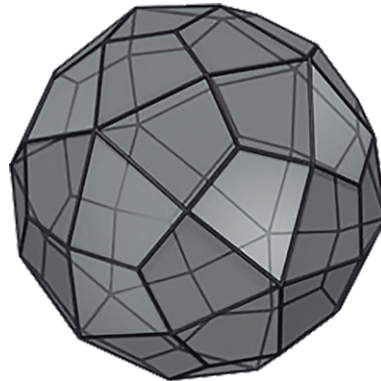


8. Icositetraedro pentagonal: Es el conjugado del cubo romo: 24 pentágonos irregulares, 60 aristas y 38 vértices.

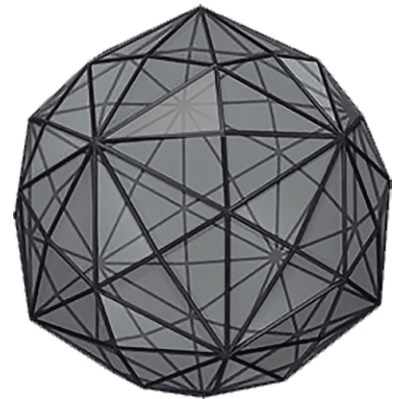


9. Pentaquisdodecaedro o dodecaedro pentakis: Es el conjugado del icosaedro truncado, 60 triángulos isósceles, 90 aristas y 32 vértices.

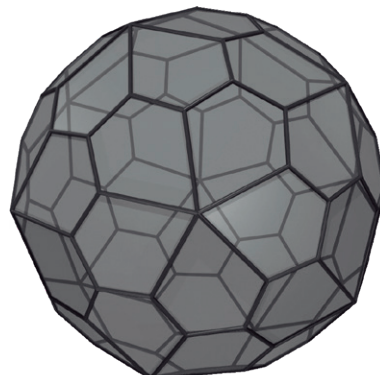
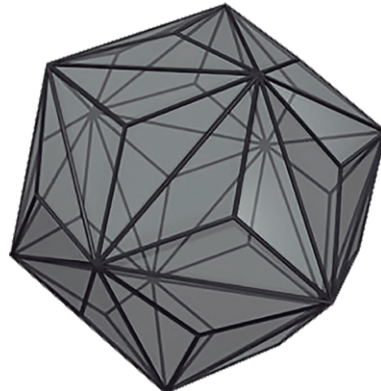
10. Hexecontaedro deltoidal : Es el conjugado del rombosidodecaedro, 60 deltoides, 120 aristas y 62 vértices.



11. Hexakisicosaedro, disdiakistriacentaedro, icosaedro hexakis o triacentaedro disdiakis: Es el conjugado del icosidodecaedro truncado, 120 triángulos escalenos, 180 aristas y 62 vértices.



12. Triaquisicosaedro o icosaedro triakis: Es el conjugado del dodecaedro truncado, 60 triángulos isósceles, 90 aristas y 32 vértices.



13. Hexacontaedro pentagonal: Es el conjugado del icosidodecaedro romo, 60 pentágonos irregulares, 150 aristas y 92 vértices.

Gráfico 3-6B

Nota. Ilustración, 2020.
Guevara Terranova Laura Valeria.

POLIEDROS ESTRELLADOS

Johann Kepler (1571-1630) estudió los poliedros estrellados, obtenidos a partir del pentagrama o dodecaedro de los platónicos. La diferencia principal de estos poliedros estrellados con el resto es que son cóncavos. Son cuatro: dos de puntas estrelladas con pirámides pentagonales y otros dos de puntas estrelladas con pirámides triangulares. Kepler los llamó gran y pequeño dodecaedro estrellado (de 12 puntas) y gran y pequeño icosaedro estrellado (de 20 puntas) (ver Gráfico 3-7).

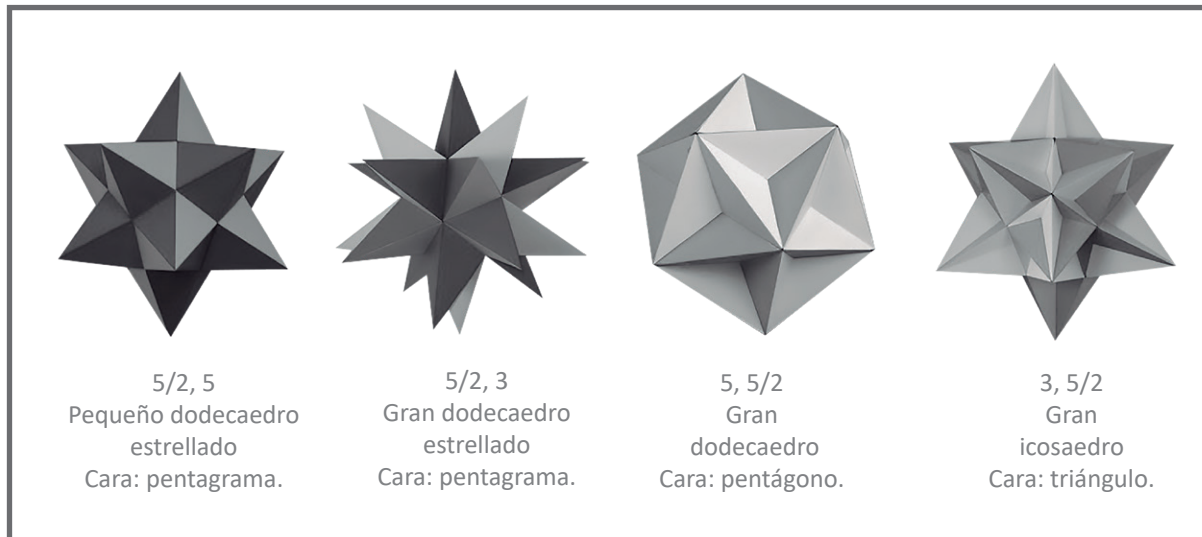


Gráfico 3-7 Nota. Ilustración, 2020. Guevara Terranova Laura Valeria.

Segun Trazoide (2015, p. 1):

Kepler en 1619 se dio cuenta de que existían dos maneras diferentes de pegar doce pentagramas (polígono estrellado de cinco puntas) a lo largo de sus aristas para obtener un sólido regular. Cuando cinco de ellos se unen en un solo vértice, se construye el pequeño dodecaedro estrellado. Si son tres pentagramas los que se encuentran en cada vértice, se obtiene el gran dodecaedro estrellado.

Posteriormente, en 1809 Louis Poinsoot descubrió los otros dos poliedros no-convexos regulares, el pequeño icosaedro y el gran dodecaedro. Las doce caras del gran dodecaedro son pentágonos, pero que, a diferencia del dodecaedro, se intersecan unas a otras. Si se observa detenidamente el gran dodecaedro parece que contiene varias estrellas que conforman su estructura, pero sólo se puede ver una. El gran icosaedro se obtiene con veinte triángulos, intersecándose entre sí. Los sólidos de Poinsoot son los duales de los sólidos de Kepler.

Se puede construir versiones ampliadas de los sólidos estrellados, ubicando tetraedros centrados en cada cara de un sólido platónico, a su vez en cada cara expuesta de los tetraedros se puede ubicar otro tetraedro; esto dará como resultado un poliedro estrellado que tiende a la fractalidad.

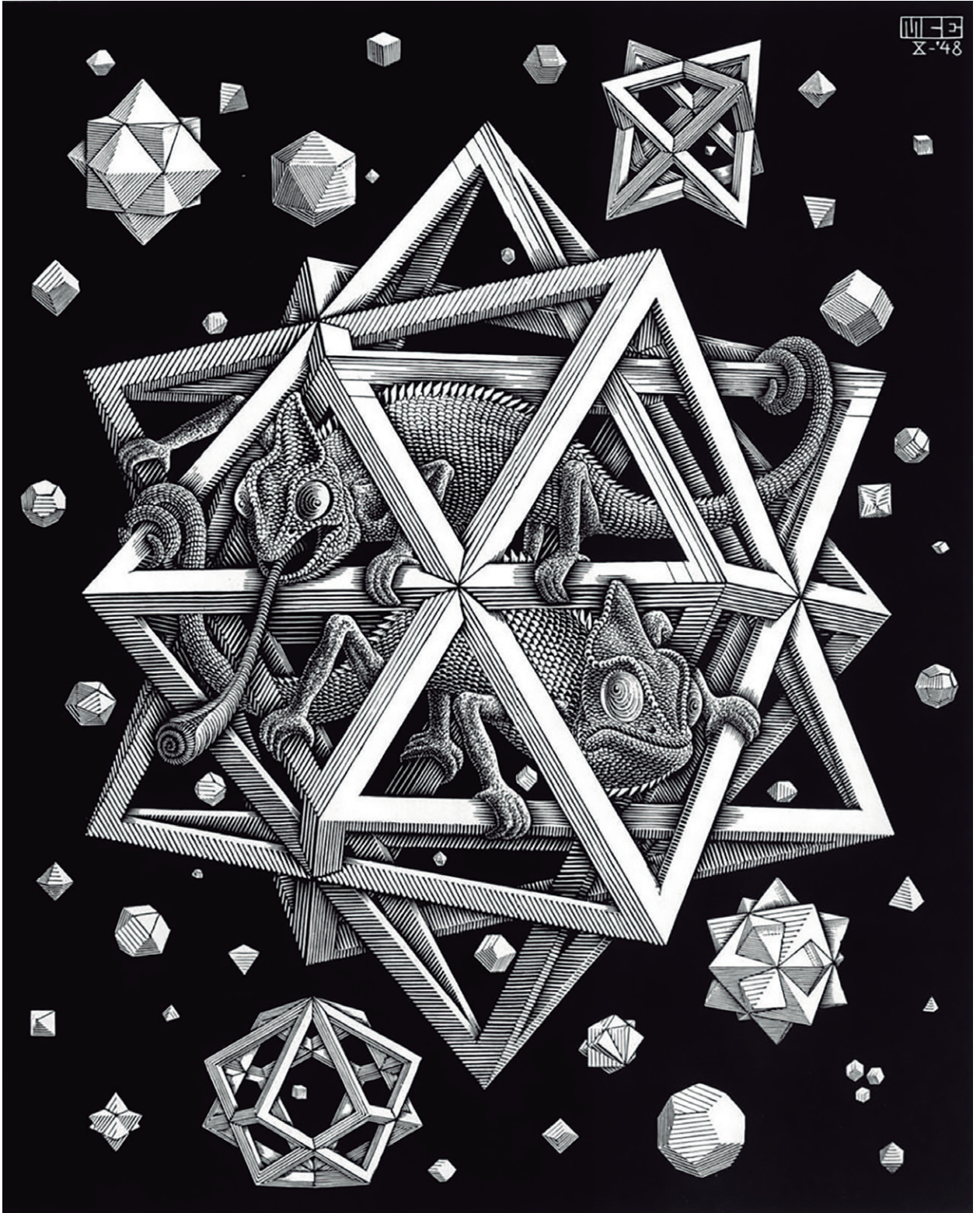


Imagen 3-7

Estudio de sólidos platónicos y derivaciones por M. C. Escher año 1940.

Nota. Adaptado de Escher, 2020, <https://elportaldebelen.wordpress.com/2011/04/>



Imagen 3-8

Nota. Adaptado de elempaque, 2020, <https://www.todo-empaque.com.mx/tetra-pak-mejora-la-eficiencia-en-distribucion/>

Empaque con forma de tetraedro irregular.

Revista elmpaque.com (2019):

Tetra Pak presentó el nuevo modelo Tetra Classic Aseptic 65 ml Cube, que ofrece una solución de packaging eficiente para lácteos, jugos y alimentos líquidos. Las dimensiones del envase fueron diseñadas para permitir que cada seis unidades formen un cubo, optimizando así el uso del espacio en la distribución y el almacenamiento.



Imagen 3-9

El balón de fútbol es un icosaedro truncado.

Nota. Adaptado de fútbol, 2020, <http://sialdeporte.com/c-futbol/cuanto-pesa-y-mide-un-balon-de-futbol/>

Imagen 3-10

Geomag. Estructura iterativa construida con barras enlazadas con esferas.

Nota. Adaptado de Geomag, 2020, <https://www.geomagsa.com>

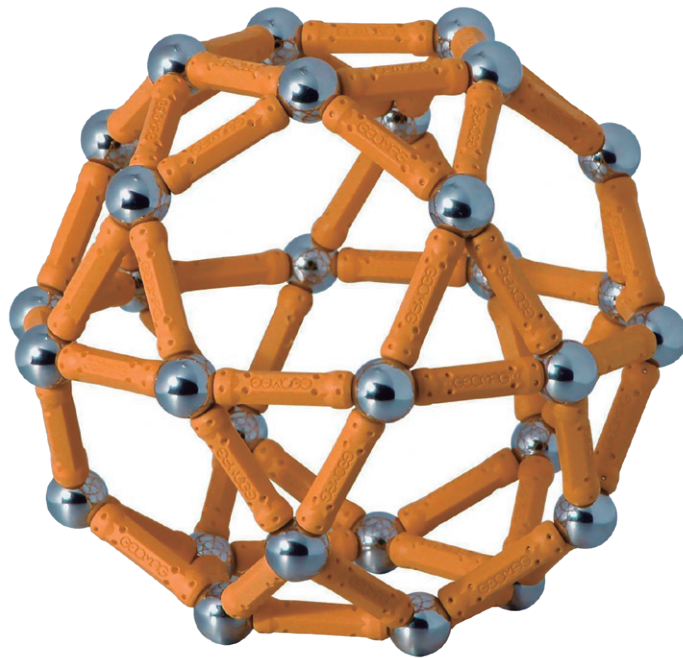


Imagen 3-11

Lámpara derivada de un sólido estrellado.

Nota. Ilustración, 2020.
Guevara Terranova Laura Valeria.

Imagen 3-12

Forma poliédrica con aproximación a la esfera. Lámpara Pelusa, diseñada por Mooi.

Nota. Adaptado de Moi, 2020, <https://www.uxban.com/blog/2015/09/24/la-lampara-pelusa-la-mas-especial-del-hogar/>



Imagen 3-13

Mueble fractal con forma de hexaedro regular. Takeshi Miyakawa.

Nota. Adaptado de Takesi, 2020, <https://www.designboom.com/design/takeshi-miyakawa-mobius-chair-07-26-2014/>

Imagen 3-14

Estructura natural con forma de poliedro estrellado.

Nota. Ilustración, 2020. Guevara Terranova Laura Valeria.



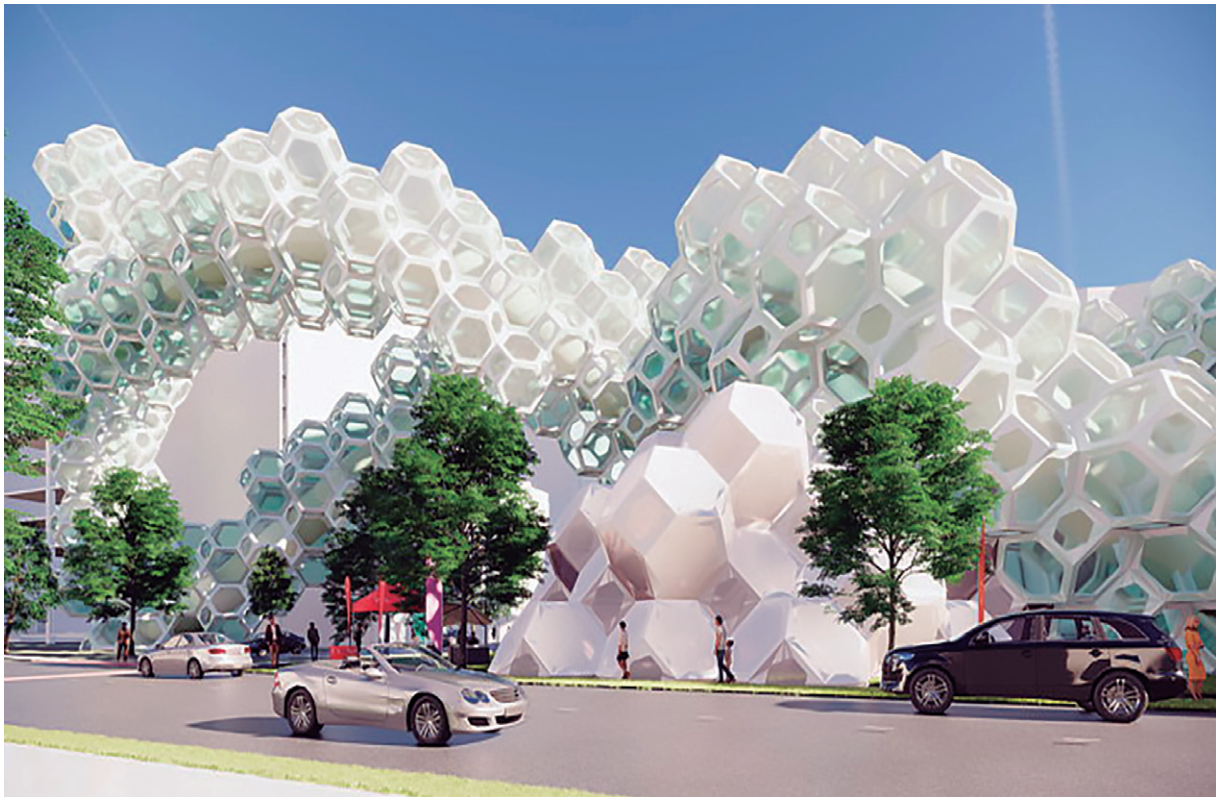


Imagen 3-15

Connectic por Cooper Carry.
Estructura para oficinas, configurada con base en un sólido de Arquímedes, logrando un crecimiento en las tres dimensiones.

Nota. Adaptado de Cooper, 2020, <https://www.designer.com/news/32511>



Imagen 3-16

Sandler Seating.

Diseño de una silla con base en el desarrollo de un hexaedro, la apilabilidad de la estructura de la silla sugiere un poliedro estrellado.

Nota. Adaptado de Seating, 2020, <https://www.designer.com/news/32104>



Imagen 3-17A

Sofá. ODESD2. Buckyball.

Nota. Adaptado de Seating, 2020, <https://www.dexigner.com/news/32909>



Imagen 3-17-B

Sofá. ODESD2. Buckyball.

Nota. Adaptado de Seating, 2020, <https://www.dexigner.com/news/32909>

El mueble es una propuesta multifuncional, diseñada con base en el dodecaedro, lo que demuestra que con formas aparentemente simples se pueden configurar alternativas espaciales de gran complejidad.

Del mueble, Buckyball (2020, p. 1) afirma:

Al igual que una molécula de carbono estable y multifuncional, Buckyball puede soportar cargas pesadas sin perder su forma. Seis esferas, que consisten en doce pentágonos cada una, forman una estructura inusual. Para sentarse en el centro, cambiar a una de las esferas o incluso girar Buckyball y hacer una 'isla' para cinco personas: cualquier aplicación es posible.

Hay una cámara llena de aire dentro de cada una de las esferas de Buckyball. Hecho de PVC con la adición de silicona, tiene una resistencia especial, y la tecnología antiexplosión evita daños en caso de colisión con un objeto afilado. Las cubiertas de la esfera están hechas de microshenilo con tecnología Easy Clean. Este recubrimiento proporciona al tejido una barrera protectora y permite eliminar la suciedad fácilmente. Los altos índices de resistencia del tejido en la prueba de Martindale, permiten que Buckyball se use tanto en interiores privados donde hay niños y mascotas, como en interiores con alto tráfico de personas.

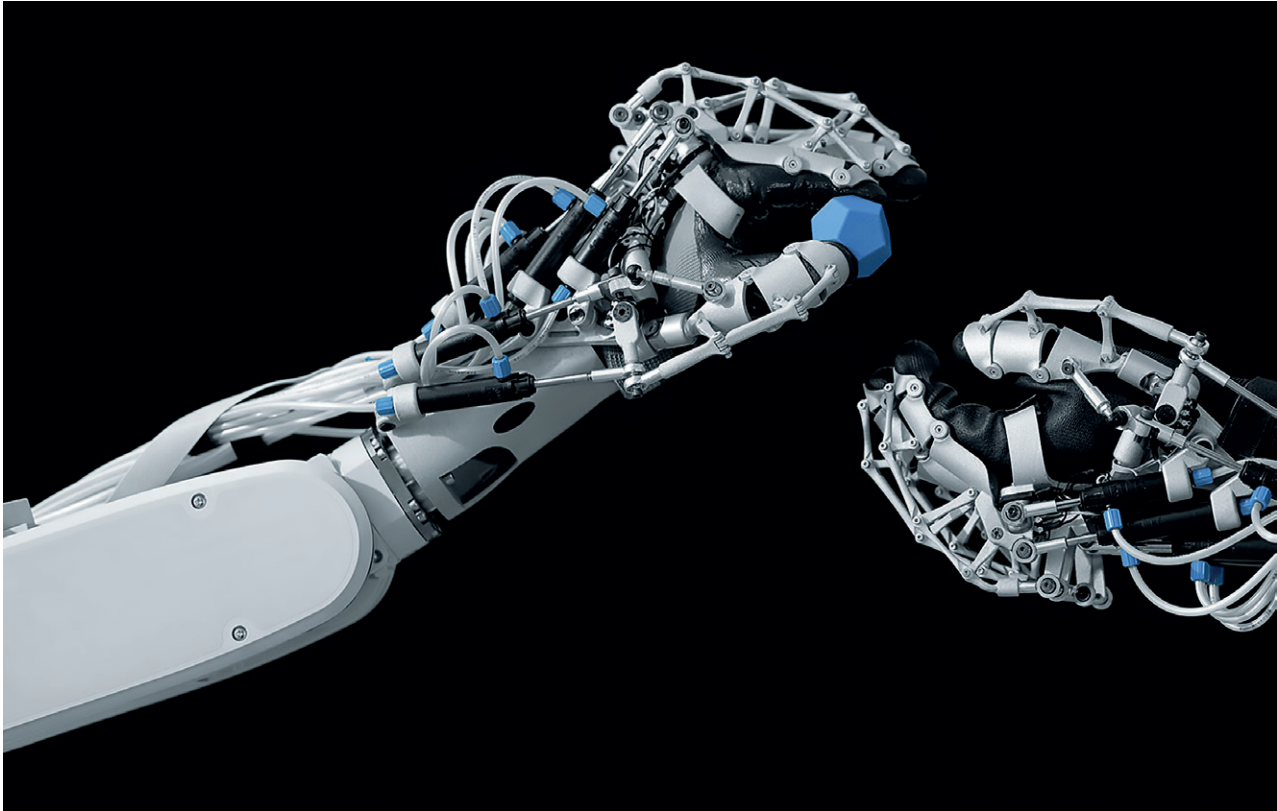


Imagen 3-18
Mano robótica Festo.

Nota. Adaptado de Seating,2020, <https://www.festo.com/group/es/cms/13508.htm>

LaBionicSoftHand es una mano robótica neumática incorporada con inteligencia artificial.

Una mano humana es una herramienta muy compleja que permite realizar tareas de motricidad fina, como el agarre de pinza con oposición del pulgar, y de motricidad gruesa, como un agarre palmar.

La mano puede realizar las tareas más diversas, por ejemplo, palpar, tocar o apretar, así como agarrar, sujetar o girar objetos.

La mano artificial no se comporta como la mano natural, sin embargo, mediante un proceso biomimético, en el que se analizan los principios formales y biomecánicos de la forma y función natural, es posible proponer analogías que muchas veces superan las limitaciones orgánicas.

Festo (2019) ha ideado la mano inteligente y le ha incorporado el método del *reinforcement learning*, es decir, del aprendizaje por refuerzo. Esto significa que, en lugar de recibir una acción concreta para imitarla, a la mano se le fija únicamente un objetivo predeterminado, que intenta alcanzar a través de un proceso de prueba y error (*trial and error*). A partir de las respuestas que obtiene (tanto positivas como negativas), va optimizando poco a poco sus acciones hasta que, finalmente, consigue realizar la tarea de forma correcta.

Lo interesante es que la mano aprende las funciones que desempeñará luego, con un dodecaedro, que es un sólido platónico que puede considerarse como una forma primitiva de la esfera. Cada cara del dodecaedro tiene un sensor que le permite al procesador ubicarse en un espacio tridimensional.

La mano de Festo tiene además una sensibilidad táctil artificial que le permite realizar por imitación tareas delicadas con racionalización de fuerza y motricidad fina.

La mano inteligente propuesta por Festo es una máquina que nos aproxima a la singularidad tecnológica, momento en que los artefactos con inteligencia artificial serán autónomos, tomarán decisiones por sí mismos y realizarán actos inteligentes con un procesamiento neuronal análogo al del *homo deus* contemporáneo.



Imagen 3-19

Artefacto poligonal.

Nota. Adaptado de Seating, 2020, <https://www.designboom.com/design/felix-hardmood-beck-felix-groll-mategon-traditional-calabesh-gourd/>

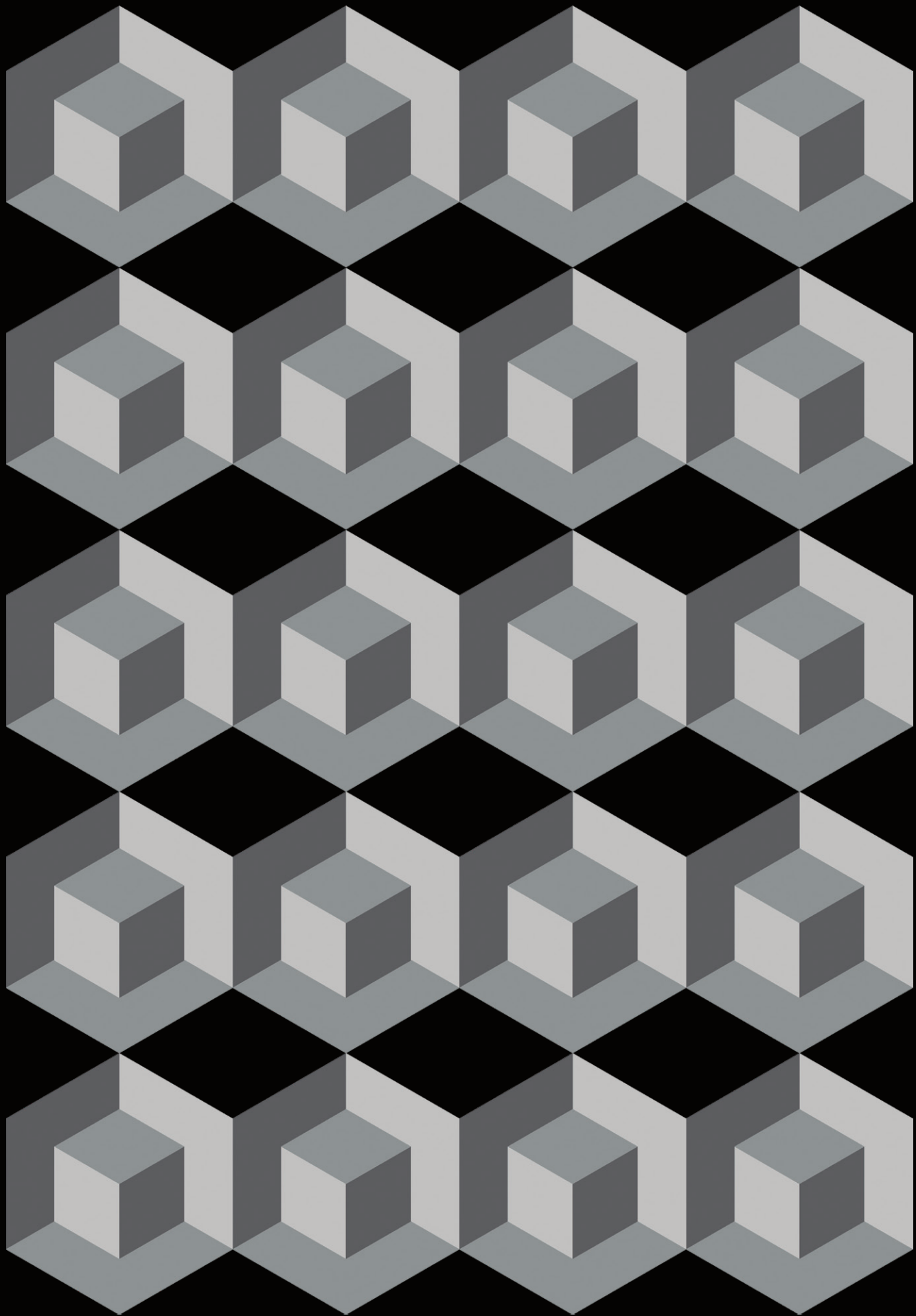
Con base en polígonos planos, es posible configurar artefactos tridimensionales complejos. Un ejemplo, es el recipiente de la imagen 3-19, que se divulga en Designboom (2019), quienes afirman:

Los diseñadores con sede en Berlín, Felix Hardmood Beck y Felix Groll, han desarrollado 'mategon'. La tetera y la taza son una nueva investigación del tradicional jarrón de calabaza, un recipiente hecho de la cáscara seca y hueca de una fruta del mismo nombre. Los objetos se configuraron mediante estructuras poligonales parametrizadas con las características orgánicas de la planta. La apariencia de madera de cada receptáculo se logró con tecnologías modernas como la impresión 3D para pruebas preliminares y el enrutamiento multiteje para el resultado final.

Referencias y fuentes bibliográficas

- Alimarket. (2019). Tetra Pak [Fotografía]. Todo Empaque. <https://www.todo-empaque.com.mx/tetra-pak-mejora-la-eficiencia-en-distribucion/>
- Arguedas, V. (2014). Luca Pacioli forjador de grandes obras. *Matemática, Educación e Internet*, 14(2). https://scholar.googleusercontent.com/scholar?q=cache:a5pW9Xb5M_0J:scholar.google.com/+s%C3%B3lidos+de+arqu%C3%ADmedes&hl=es&as_sdt=0,5
- Betancur, M., Martínez, D., Pacheco, D., Fernández García, P., Gallegos, C., Caero, A., Vera, C., De Son de Vida, G., De Son de Vida, J., Urdillo, M., León, S., Linares, G., Donaire, M. y Vieyra, P. *Cuaderno 29-Geometría Universal I* [Archivo PDF]. Pedagogía 3000. https://p3000.info/recursos/cuadernillos/29_Cuaderno_29v2018.pdf
- Designboom. (2019). Mategon traditional calabesh gourd [Fotografía]. Recuperado el 04 de noviembre de 2019 de <https://www.designboom.com/design/felix-hardmood-beck-felix-groll-mategon-traditional-calabesh-gourd/>
- Díaz Caballero, J. R. y Canino Ramos, C. A. (2012). Heurística de los poliedros regulares para la investigación. *Revista Cubana de Ingeniería*, 3(2), 59-69. <https://biblat.unam.mx/hevila/Revistacubanadeingenieria/2012/vol3/no2/6.pdf>
- Flórez Ocampo, C. M. (2016). *Poliedros - Unidad didáctica*. Recuperado el 08 de noviembre de 2019 de <https://sites.google.com/site/geometriaunidaddidactica1/proceso/actividad-4>
- Guevara, E. (2010). *Diseño industrial. Conceptos para construcción de la forma*. Ediciones UIS.
- Guillem Ortiz, F., y Claramunt Viana, R. (s.f.). *Cuerpos Geométricos: Clasificación y propiedades* [Archivo PDF]. <https://lya.fciencias.unam.mx/gfgf/ga20132/poliedros/arch8.pdf>
- ODES2. (2020). Buckyball [Fotografía]. Dexitner. <https://www.dexitner.com/news/32909>
- Peña Viñamil, D. M. (2012). *Aplicación de los principios del tensegrity a las construcciones textiles atirantadas* [Tesis doctoral, UPC]. UPCommons. <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/94685>
- Pérez-Benítez, A. y Arroyo-Carmona, R. E. (2003). Simetría para principiantes con un modelo octaédrico plegable. *Educación Química*, 14(4), 225-231. https://www.researchgate.net/publication/276205758_Simetría_para_principiantes_con_un_modelo_octaedrico_plegable
- Platón. (1982). *Diálogos*, vol. 6. Editorial Gredos, S. A.
- Trazoide. (12 de octubre de 2015). *Poliedros de Kepler-Poinsot. Símbolo de Schläfli*. <https://trazoide.com/poliedros-de-kepler-poinsot/>





Capítulo

4

Interrelación
formal

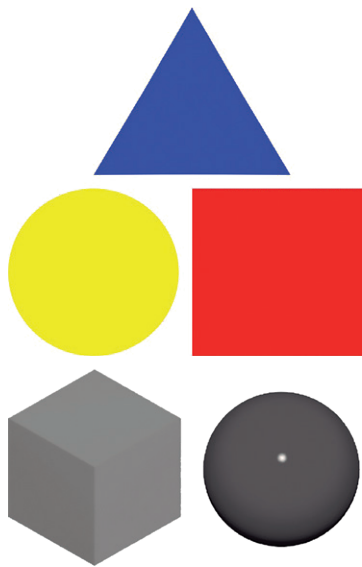


Imagen 4-1

Distanciamiento
bi y tridimensional.

Nota. Ilustración, 2020.
Guevara Terranova Laura Valeria.

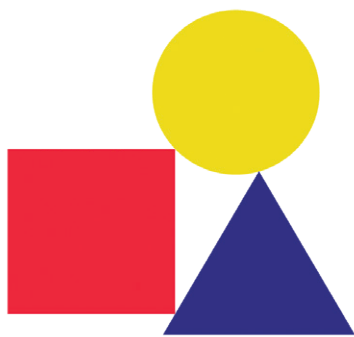
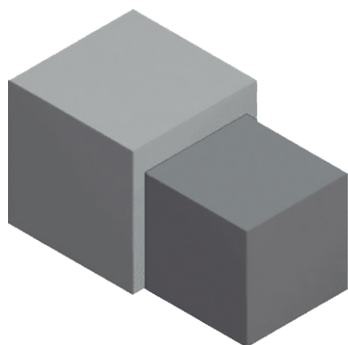


Imagen 4-2

Toque de formas en un punto.

Nota. Ilustración, 2020.
Guevara Terranova Laura Valeria.



En el capítulo anterior se mencionó que, a partir de los conceptos de punto, línea, plano y volumen, se pueden definir unas formas básicas con las cuales es posible configurar otras nuevas de manera controlada. La configuración de un artefacto de diseño industrial no es consecuencia de la inspiración, del azar o de la casualidad; las formas se construyen de manera controlada, aplicando principios y recursos básicos del diseño.

Uno de los principios más utilizados para plantear alternativas formales es la interrelación de formas.

Wucius Wong (1991) propone ocho maneras de cómo unas formas se pueden interrelacionar:

Distanciamiento. Se logra cuando las formas están muy cerca entre sí, se aproximan pero no se tocan, las formas se pueden percibir de manera separada sin crear confusión. En el ejemplo que se muestra en la imagen 4-1, se aprecian tres formas planas en distanciamiento y dos formas básicas tridimensionales en distanciamiento.

Toque. En dos dimensiones se logra cuando las formas se aproximan tanto que se tocan en un punto o en un lado del polígono. Entre las formas que se tocan, no hay espacio de separación.

En el ejemplo que se muestra en la imagen 4-2, se percibe un cuadrado, un círculo y un triángulo que se tocan en un punto.

A nivel tridimensional, las formas se pueden tocar en una cara, en una arista, en un vértice o en una superficie (Imagen 4-3).

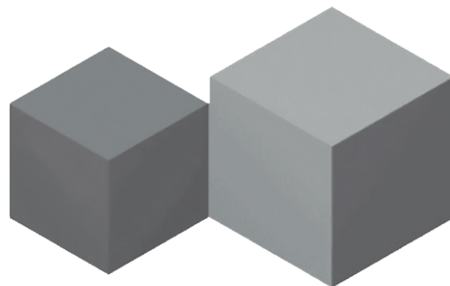


Imagen 4-3

Toque. Dos formas tridimensionales que se tocan en una cara o en una superficie o en una arista

Nota. Ilustración, 2020.
Guevara Terranova Laura Valeria.

Superposición. Cuando las formas se acercan tanto que ya no se tocan, sino que pareciera que unas están detrás o encima de otras, se dice que se superponen. Es posible aun discriminar las diferentes formas, a pesar de que en algunos casos no se pueden apreciar totalmente. En el ejemplo de la imagen 4-4, se aprecian las formas básicas que se superponen unas a otras, lo que determina niveles de acercamiento o planos de referencia: el triángulo se encuentra en el primer nivel, el círculo en el segundo nivel y el cuadrado en plano posterior.

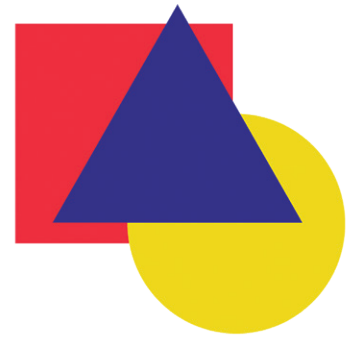


Imagen 4-4

Superposición bidimensional.

Nota. Ilustración, 2020.
Guevara Terranova Laura Valeria.

En tres dimensiones, las formas que se superponen (Imagen 4-5) pueden estar delante, detrás, arriba, abajo, a la izquierda o a la derecha de un volumen que se toma como referencia.

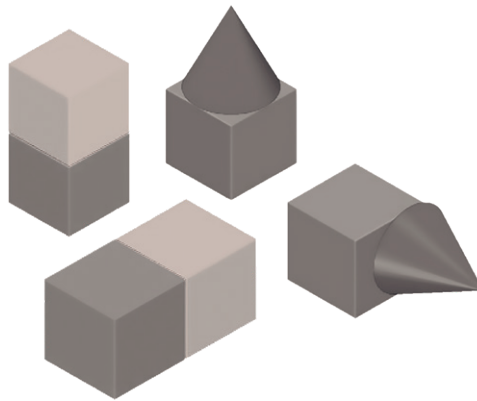


Imagen 4-5

Superposición tridimensional.

Nota. Ilustración, 2020.
Guevara Terranova Laura Valeria.

Penetración. En dos dimensiones una forma se introduce en otra, pero se perciben completamente sus contornos. En la imagen 4-6 se puede observar que el cuadrado y el triángulo están penetrando al círculo; en la porción que se ha penetrado, se mezclan sus colores. En tres dimensiones la penetración puede ser total cuando un objeto atraviesa a otro, o parcial cuando un objeto no es atravesado totalmente por otro (Ver imagen 4-7).



Imagen 4-6

Penetración bidimensional.

Nota. Ilustración, 2020.
Guevara Terranova Laura Valeria.

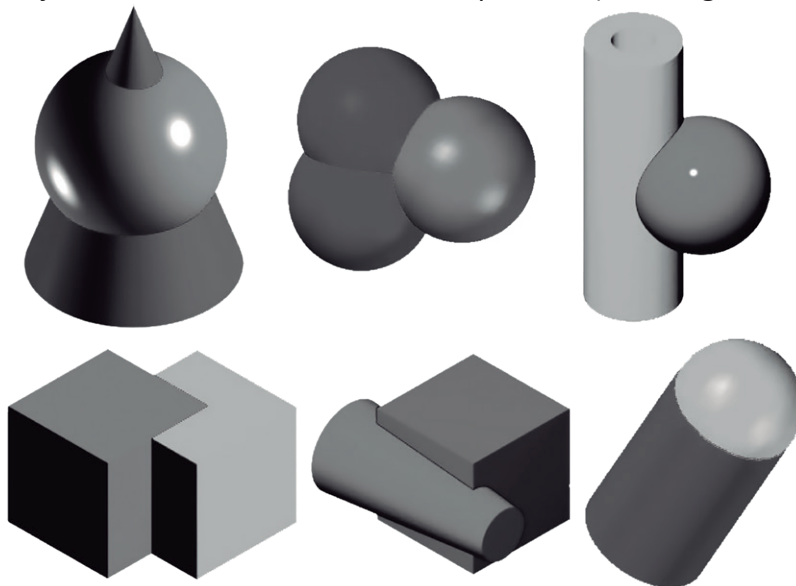


Imagen 4-7

Penetración de formas tridimensionales.

Nota. Ilustración, 2020.
Guevara Terranova Laura Valeria.

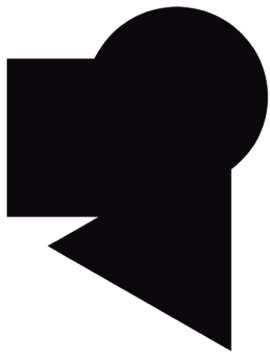


Imagen 4-8

Unión bidimensional.

Nota. Ilustración, 2020.

Guevara Terranova Laura Valeria.

Unión. La unión de dos formas genera otra nueva, en la cual las formas iniciales pierden alguna parte de su contorno. En la imagen 4-8 se pueden observar las tres formas básicas planas, con las cuales se ha construido una nueva.

A nivel tridimensional (Imagen 4-9), se observa la unión cuando una forma está compuesta por la suma de varias partes, que a la vista de un observador conforman un todo dando la apariencia de que el objeto ha sido fabricado de una sola pieza.

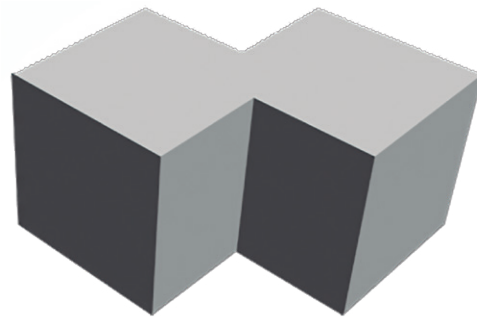


Imagen 4-9

Unión tridimensional.

Nota. Ilustración, 2020.

Guevara Terranova Laura Valeria.



Imagen 4-10

Sustracción bidimensional.

Nota. Ilustración, 2020.

Guevara Terranova Laura Valeria.

Sustracción. Sustraer significa quitar o eliminar una parte de una forma original mediante otra forma (Imagen 4-10), es el caso contrario de la unión, ya que en la sustracción se crean nuevas formas quitando partes de las originales.

La ilustración 4-11 muestra formas tridimensionales en penetración; luego se ha realizado la sustracción de una parte común, obteniendo así nuevas configuraciones.

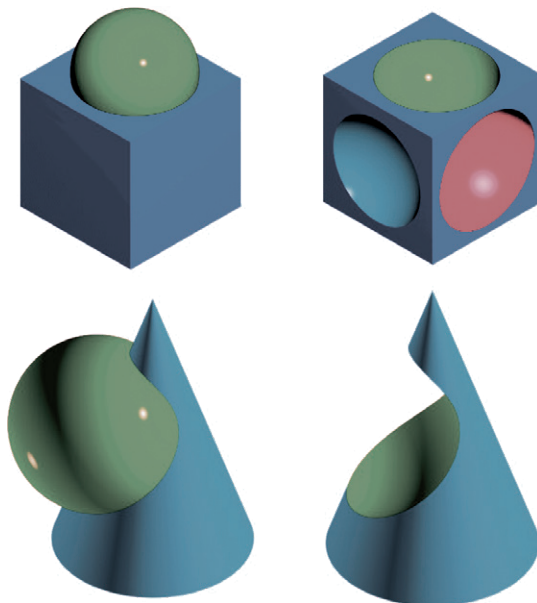


Imagen 4-11

Sustracción tridimensional.

Nota. Ilustración, 2020.

Guevara Terranova Laura Valeria.

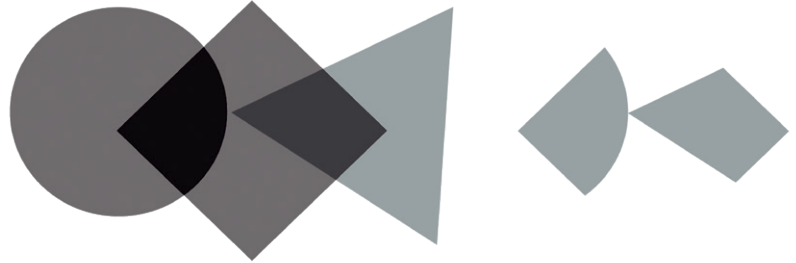
Ejemplos de sustracción en formas tridimensionales. Una esfera ha penetrado las caras de un cubo, al eliminar la parte común se obtiene una depresión, lo mismo sucede cuando la esfera penetra al cono.

Intersección. Se logra cuando se conserva la parte común de dos formas que se han penetrado o se han superpuesto y se elimina el resto; esto permite crear formas más pequeñas, pero es posible que esa nueva forma no permita reconocer las formas originales.

Imagen 4-12

Intersección bidimensional.

Nota. Ilustración, 2020.
Guevara Terranova Laura Valeria.



Las formas de la parte derecha de la imagen 4-12 son producto de la intersección.

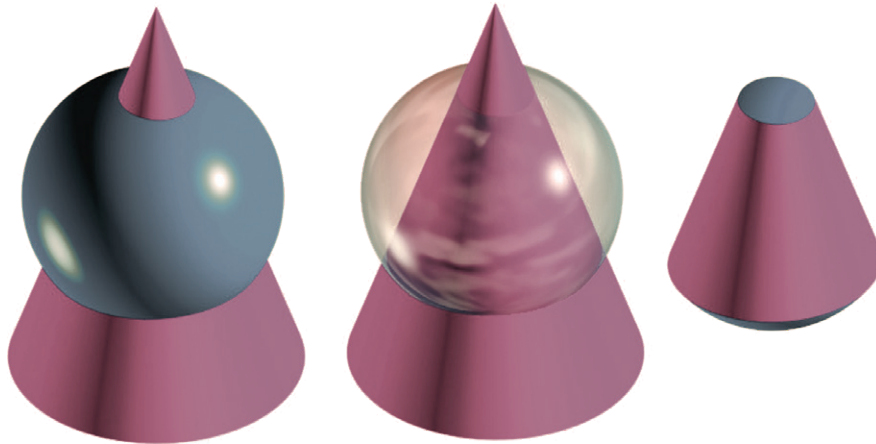


Imagen 4-13

Intersección tridimensional.

Nota. Ilustración, 2020.
Guevara Terranova Laura Valeria.

Un cono ha penetrado a una esfera, luego se puede observar la parte común del cono y de la esfera, y finalmente se obtiene una nueva forma.

Coincidencia. Se logra cuando una forma se superpone totalmente a otra que tiene la misma forma y el mismo tamaño; en el ejemplo que se muestra en la imagen 4-14, se observan las tres formas planas básicas que coinciden con otras tres del mismo tamaño.

En tres dimensiones no es posible la coincidencia, ya que físicamente es imposible introducir un volumen en otro de igual forma y tamaño. Claro está que si un artefacto se coloca delante de otro de igual forma y tamaño y si un observador lo mira desde el frente, entonces solamente se podrá apreciar el del primer plano, ya que este oculta al que está en segundo plano.

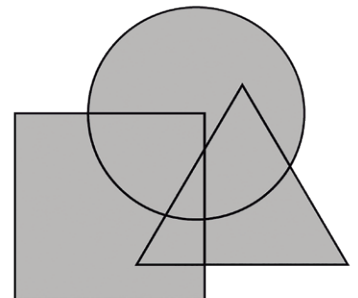


Imagen 4-14

Coincidencia bidimensional.

Nota. Ilustración, 2020.
Guevara Terranova Laura Valeria.

Guevara (2010) propone que la interrelación de formas es un recurso que permite, de manera simple y sencilla, crear nuevas configuraciones a partir de la agrupación de varias formas básicas; sin embargo, muchas veces, afirma que en su desempeño profesional o académico como diseñador la ausencia creativa hace una mala jugada y las ideas o el “chispazo” no llegan, es entonces cuando es posible hacer uso de un método que ofrece una gran posibilidad de alternativas formales a nivel bidimensional y tridimensional. El método consiste en analizar unas formas existentes y definir unas formas básicas o elementos modulares constitutivos, para luego, mediante la interrelación de formas, crear otras con los mismos elementos.

Guevara analizó los elementos constitutivos con los que se han construido las letras de un alfabeto, dándose cuenta de que cada letra tiene unas características únicas, pero, si se las compara con las otras letras, se pueden definir elementos comunes, con los cuales es posible crear cualquier letra, de tal manera que en conjunto se observan como miembros de una familia.

En las siguientes imágenes, se documenta el método mencionado, realizando una propuesta formal a partir del análisis de los módulos constitutivos de los caracteres A y O del alfabeto español:



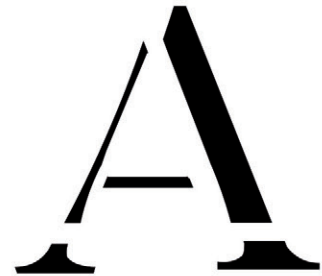
Imagen 4-15

Caracteres de análisis.

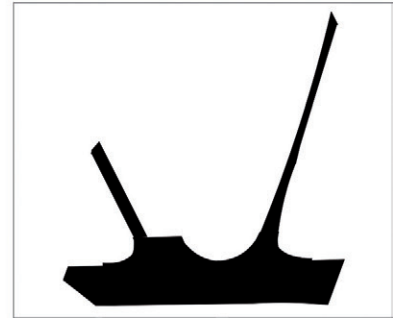
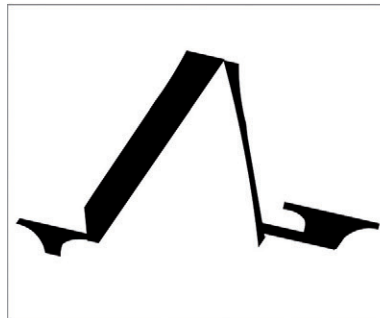
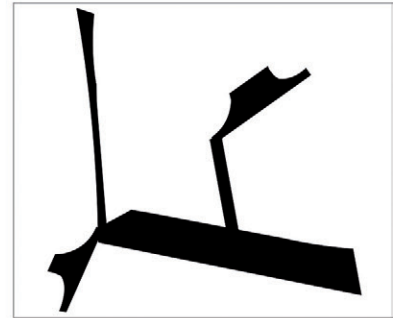
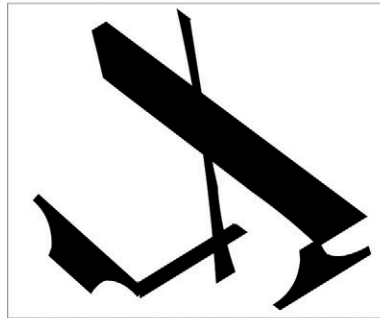
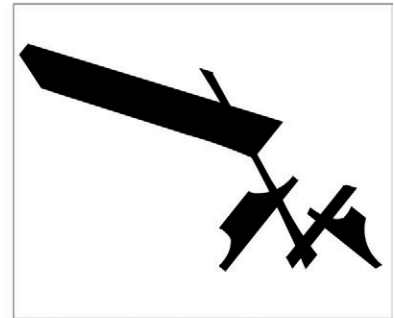
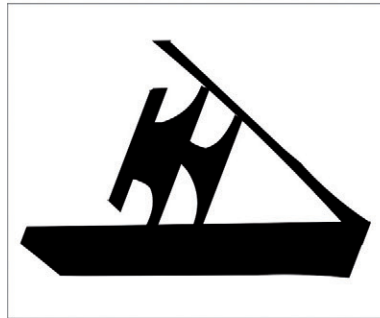
Nota. Ilustración, 2020. Guevara Terranova Laura Valeria.



Forma inicial



Módulos constitutivos



Variaciones de la configuración inicial mediante agrupación de sus elementos constitutivos en diversas posiciones. Se ha utilizado el recurso de interrelación formal.

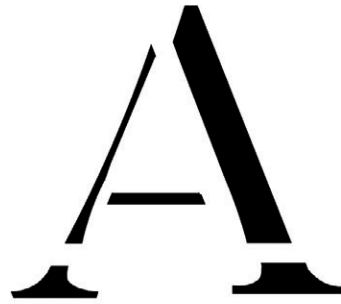
Imagen 4-16

Variaciones a partir de módulos.

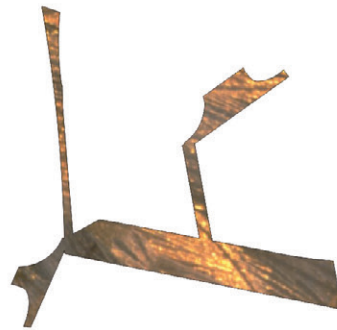
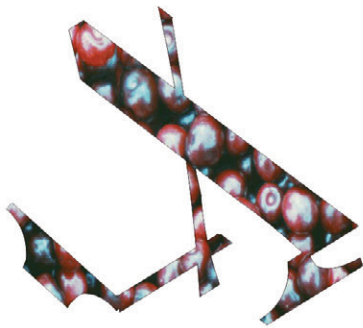
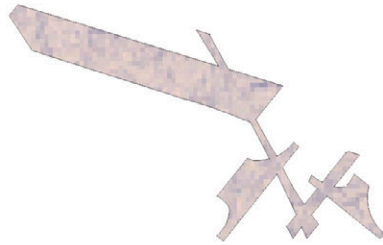
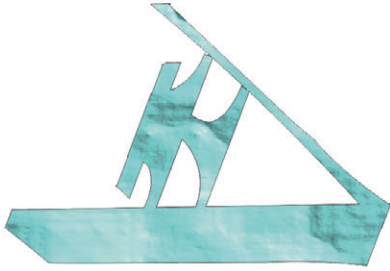
Nota. Ilustración, 2020. Guevara Terranova Laura Valeria.



Forma inicial



Módulos constitutivos

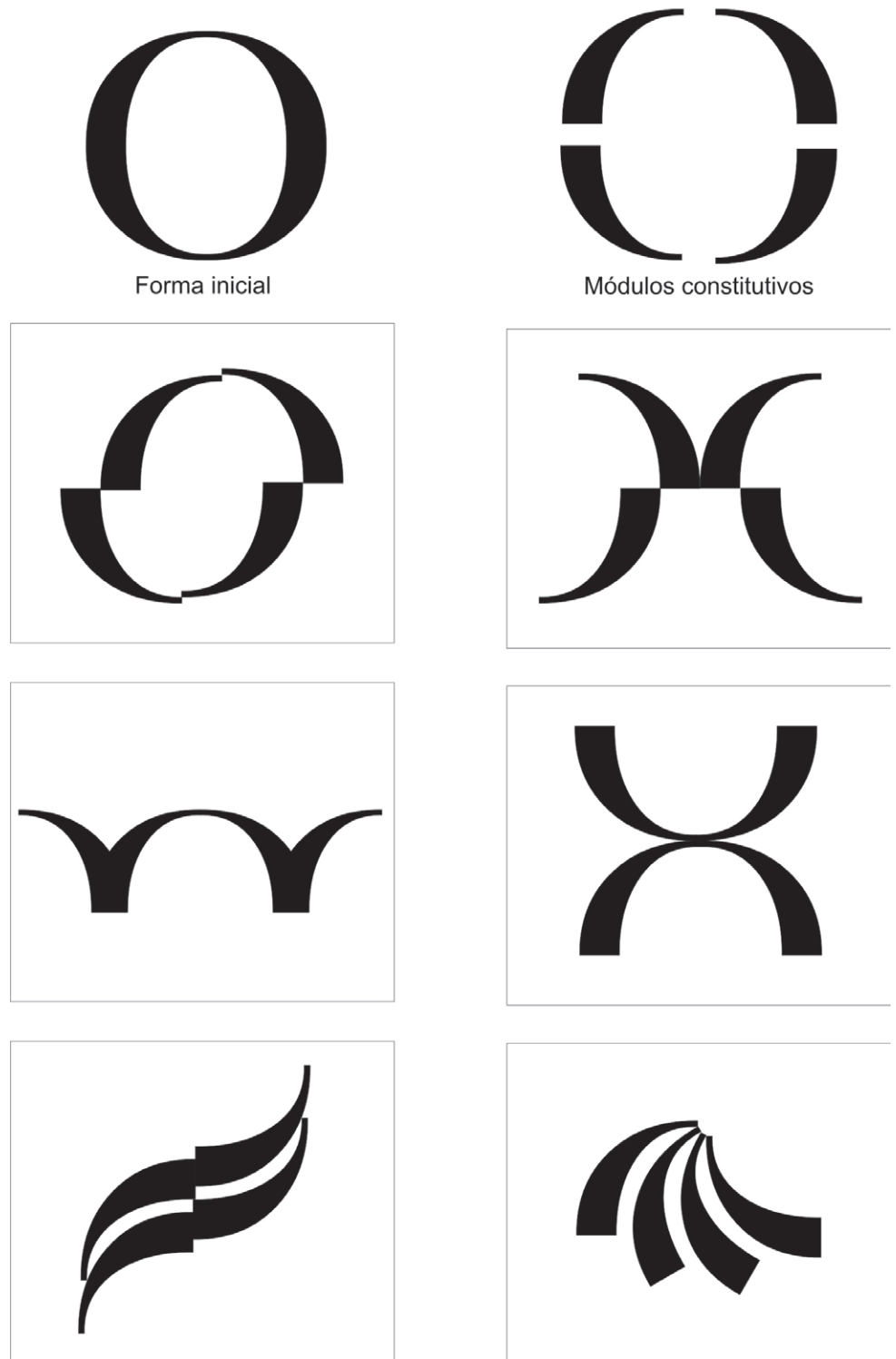


Variaciones de la configuración inicial mediante agrupación de sus elementos constitutivos en diversas posiciones más textura, color y fondo.

Imagen 4-17

Variaciones a partir de módulos.

Nota. Ilustración, 2020. Guevara Terranova Laura Valeria.

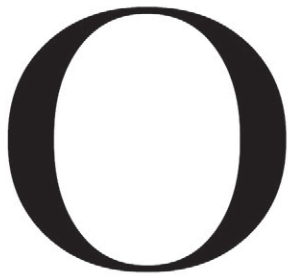


Variaciones de la configuración inicial mediante agrupación de sus elementos constitutivos en diversas posiciones. Se ha utilizado el recurso de interrelación formal.

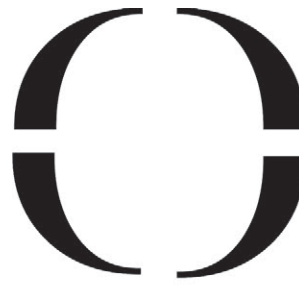
Imagen 4-18

Variaciones a partir de módulos.

Nota. Ilustración, 2020. Guevara Terranova Laura Valeria.



Forma inicial



Módulos constitutivos



Variaciones de la configuración inicial mediante agrupación de sus elementos constitutivos en diversas posiciones más textura, color y fondo.

Imagen 4-19

Variaciones a partir de módulos.

Nota. Ilustración, 2020. Guevara Terranova Laura Valeria.

Un ejemplo interesante de interrelación de formas es el que se realiza con el tangram (Imagen 4-20), que es un juego de ingenio muy antiguo, inventado por los chinos y luego extendido por Occidente en el siglo XIX.

El juego consiste en armar, con unas fichas que conforman un cuadrado, múltiples figuras aplicando el concepto de toque, bien sea en un vértice o en una arista.



Imagen 4-20

Estas son las siete fichas que conforman el tangram.

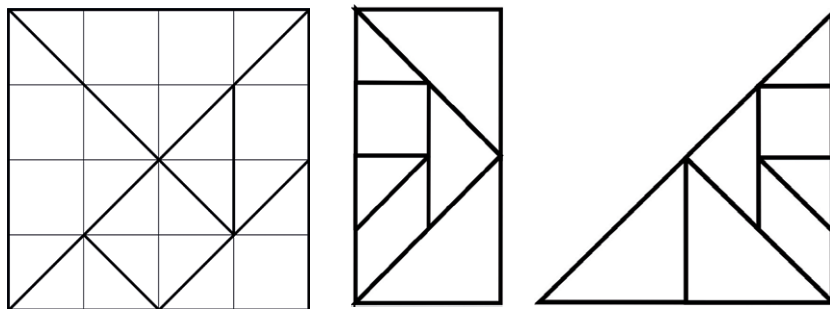
Nota. Ilustración, 2020.
Guevara Terranova Laura Valeria.



Imagen 4-21

Mobiliario basado en el tangram.

Nota. Adaptado de Pixar, 2020, [https:// www.lago.it](https://www.lago.it)



Plantilla de las piezas del tangram. Con las mismas fichas, es posible armar una forma rectangular o una forma triangular.

Imagen 4-22

Piezas del Tangram. Nota. Ilustración, 2020. Guevara Terranova Laura Valeria.

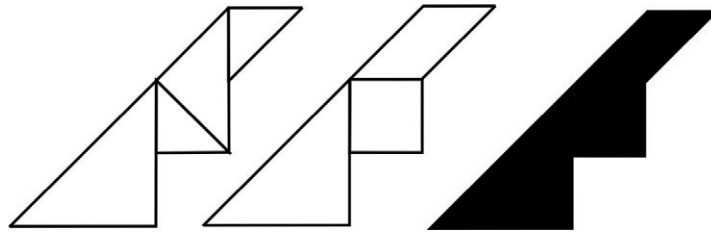
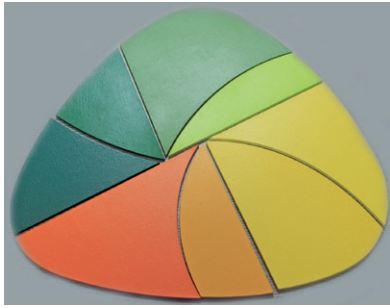


Imagen 4-23

Dos maneras de llegar a la misma figura usando el tangram.

Nota. Ilustración, 2020. Guevara Terranova Laura Valeria.

En la forma de color negro se aplica el concepto de unión (Imagen 4-23), la cual se ha logrado de dos maneras diferentes: la primera, utilizando cuatro fichas del tangram, y la segunda utilizando las tres fichas restantes.

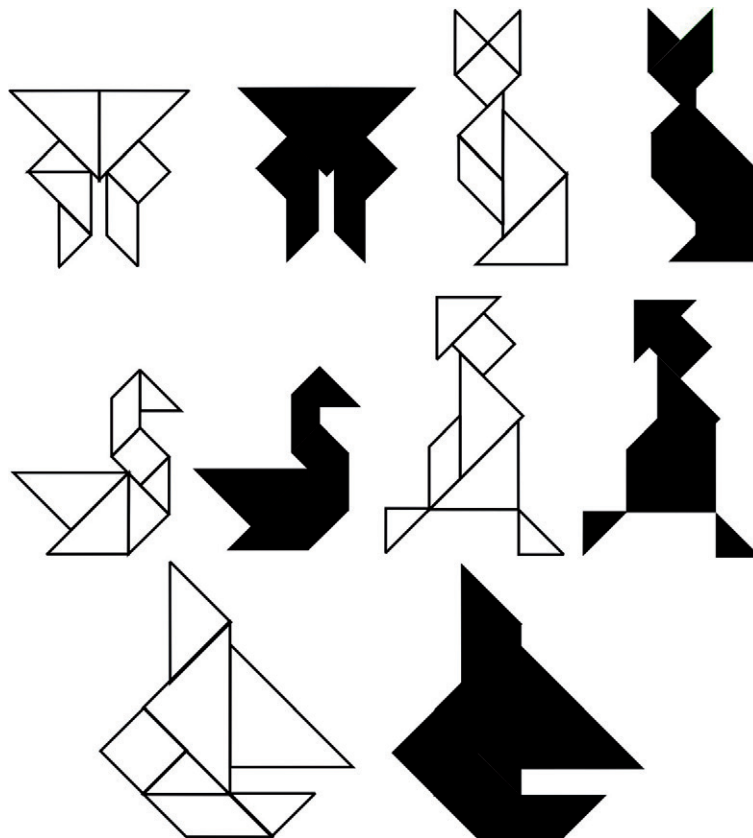
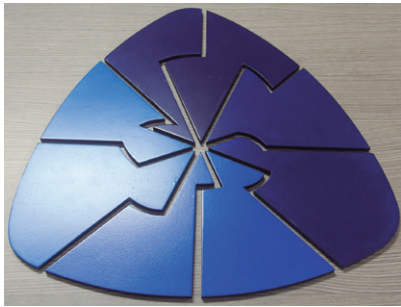


Imagen 4-24

Subdivisiones internas de un triángulo curvilíneo.

Nota. Fotografía, 2020. Guevara Terranova Laura Valeria.

Imagen 4-25

Concepto de unión en el tangram.

Nota. Ilustración, 2020. Guevara Terranova Laura Valeria.

Las posibilidades formales en categorías semánticas son infinitas, la configuración se logra aplicando los conceptos de toque y distanciamiento.

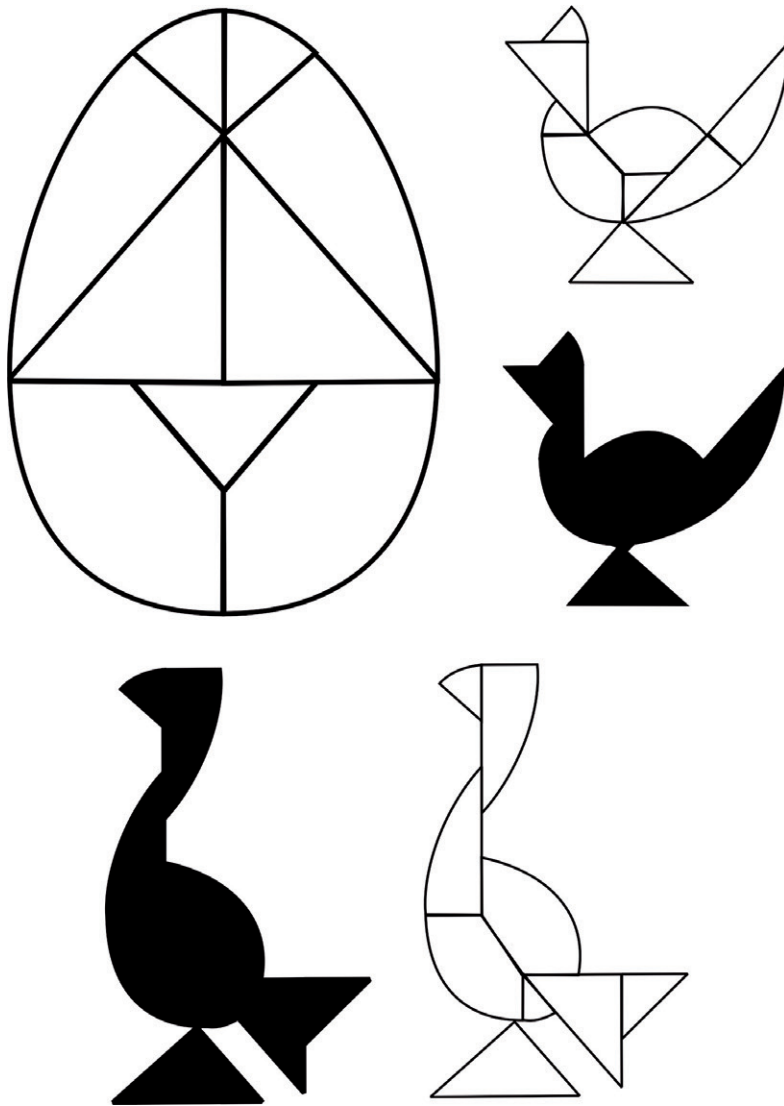


Imagen 4-26

Categoría semántica: Aves.

Del juego del tangram se pueden hacer muchas variaciones como la que se muestra en la imagen 4-26. Se ha realizado una subdivisión interna o un teselado de una forma ovoide. Las partes se pueden interrelacionar mediante toque y configurar otras formas con coherencia interformal en la que predomina la curva. Con las piezas es posible proponer categorías semánticas, es decir, conjuntos de formas con coherencia y pertenencia a un sistema que las conecta.

Imagen 4-27

Reordenamiento de las piezas obtenidas de la subdivisión interna del triángulo curvilíneo. Las fichas se tocan.

Nota. Fotografía, 2020. Guevara Terranova Laura Valeria.



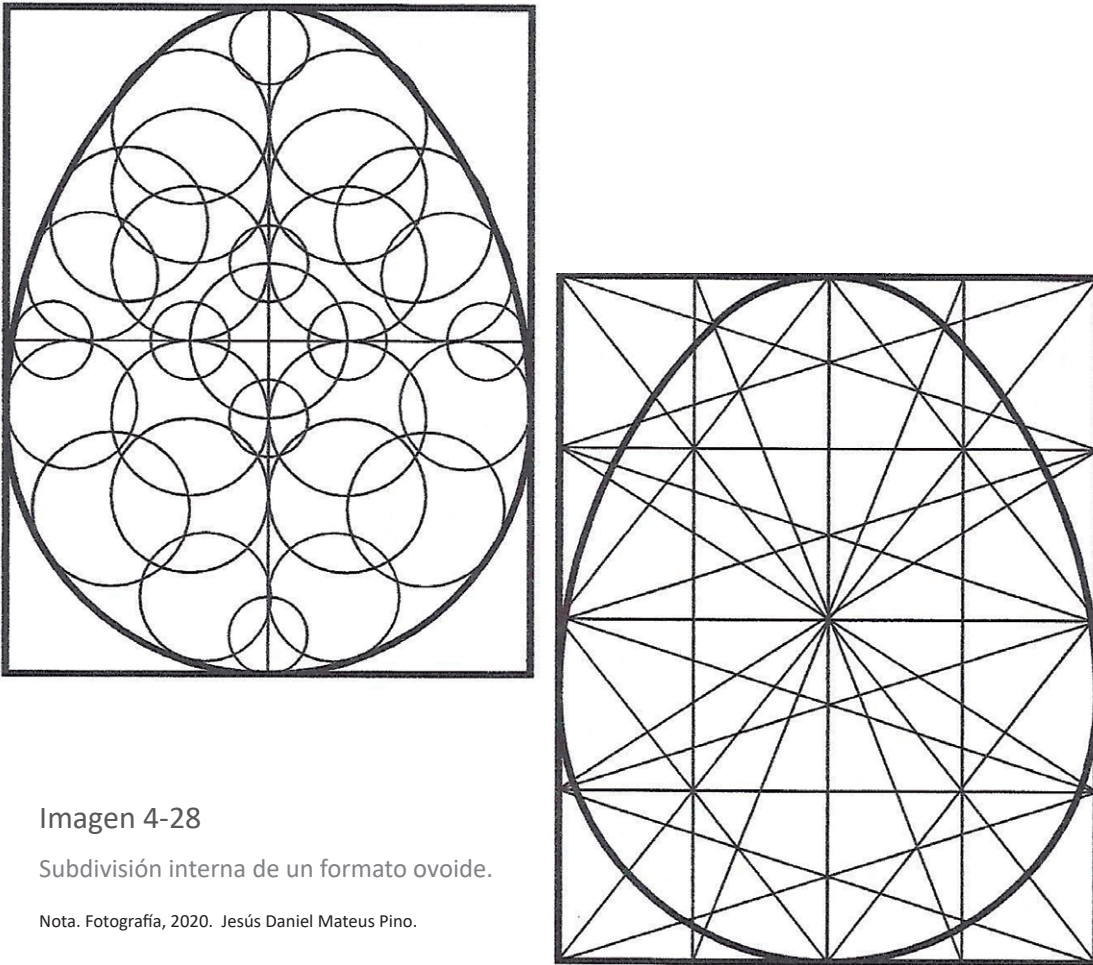


Imagen 4-28

Subdivisión interna de un formato ovoide.

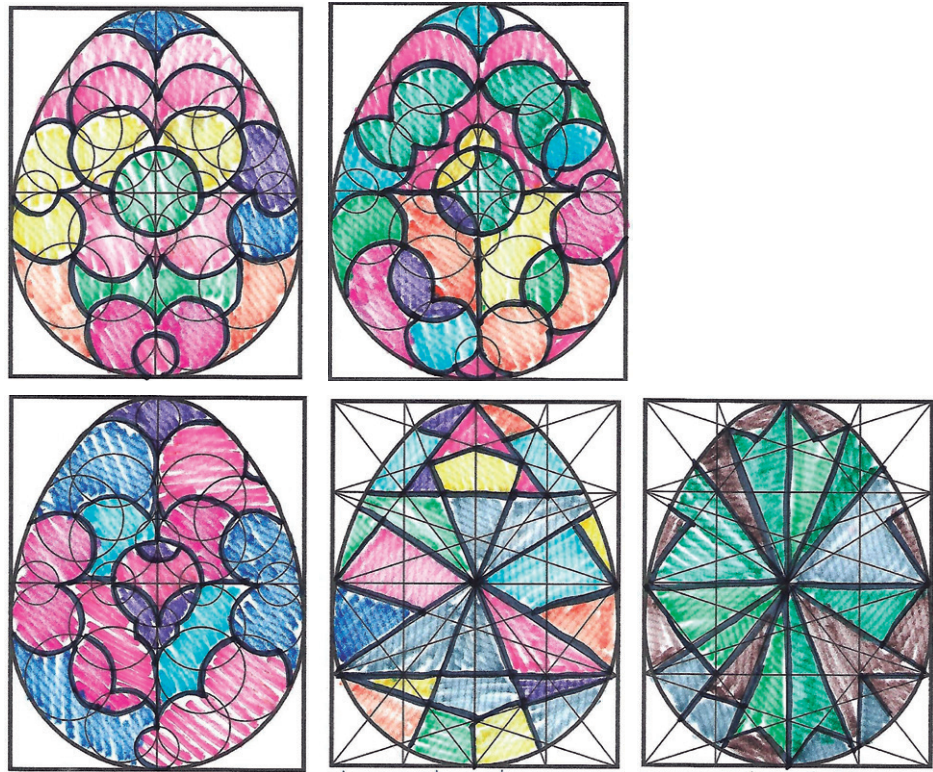
Nota. Fotografía, 2020. Jesús Daniel Mateus Pino.

Un recurso creativo interesante consiste en tomar como referencia una configuración base para realizar subdivisiones internas, luego, mediante un proceso de construcción controlada y la interrelación formal, realizar un reordenamiento proponiendo nuevas agrupaciones que se perciban de manera distinta a la forma punto de partida.

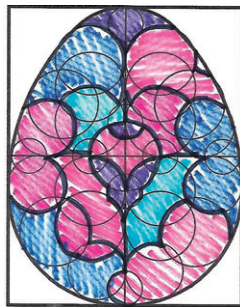
La estrategia se puede utilizar cuando se quiere crear un conjunto de configuraciones, que eventualmente se consideren como categoría semántica y tengan una coherencia formal por similitud o catamorfía.

El recurso mencionado se ha aplicado en el curso de Diseño II del programa Diseño Industrial de la Universidad Industrial de Santander.

El autor, Jesús Daniel Mateus Pino, ha realizado una subdivisión interna mediante una retícula de un formato ovoide, proponiendo luego un reordenamiento formal con base en un concepto creativo que le permitió idear categorías semánticas como personajes, paisajes, símbolos, artefactos y escudos. Las formas obtenidas las condensó en un libro de cuentos ilustrados.



Categoría semántica: Humanos.



Subdivisión.



Calixto.



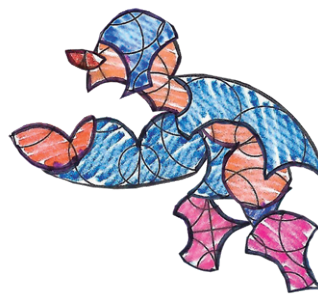
Ministro.



Princesa Melibea.



Soldado.



Sirviente.



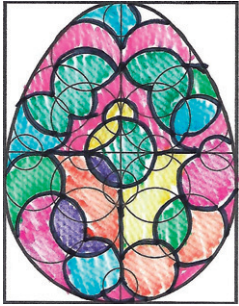
Rey salomón.

Imagen 4-29

Retículas para subdivisión interna de formato ovoide y reordenamiento en personajes de formas modulares.

Nota. Fotografía, 2020. Jesús Daniel Mateus Pino.

Categoría semántica: Quimeras.



Subdivisión.



Bruja.

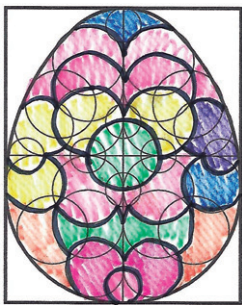


Duende.



Gigante.

Categoría semántica: Sentimientos y artefactos.



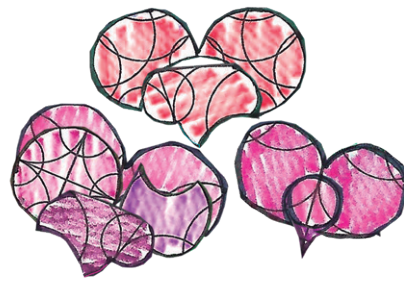
Subdivisión.



Bolso.



Dolor.



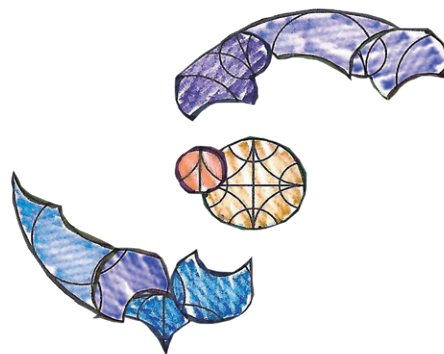
Amor.



Valor.



Platería.

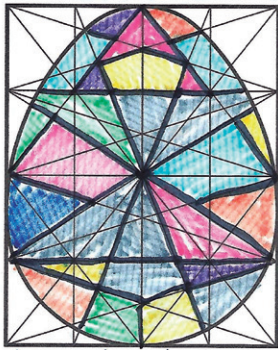


Dinero.

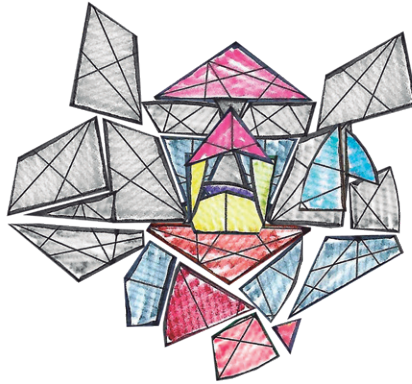
Imagen 4-30

Retículas para subdivisión interna de formato ovoide y reordenamiento en personajes de formas modulares.

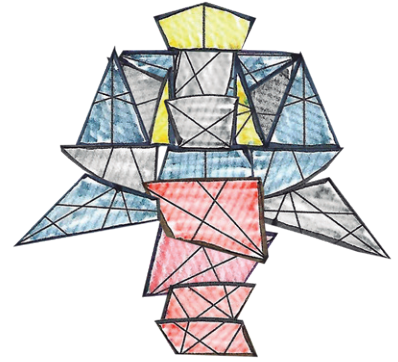
Categoría semántica: Escenarios.



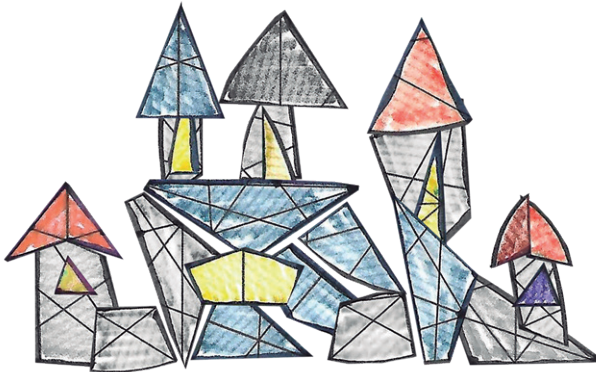
Subdivisión.



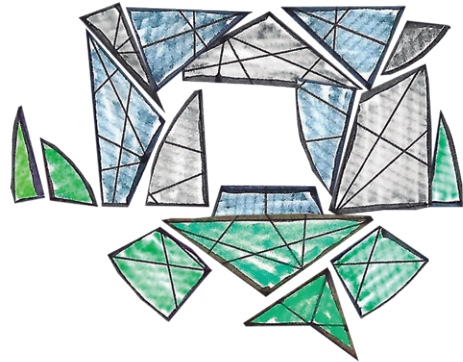
Habitación Princesa.



Sala del trono.

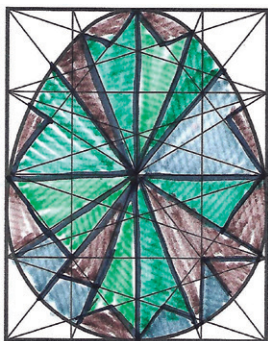


Castillo.

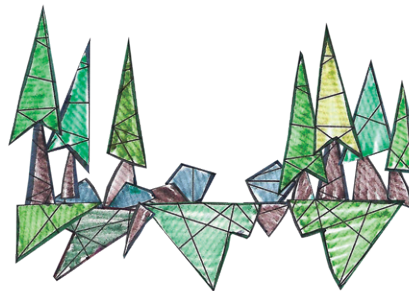


Cueva.

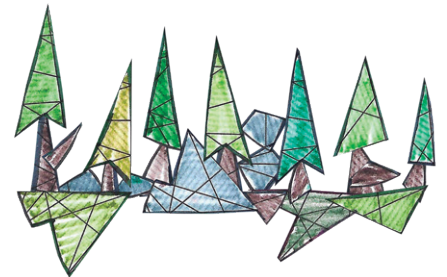
Categoría semántica: Ambientes.



Subdivisión.



Ambiente cercano.



Ambiente exterior.

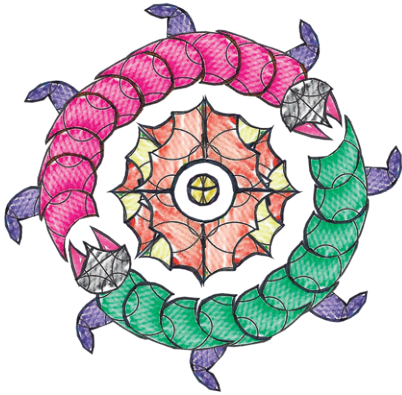
Imagen 4-31

Retículas para subdivisión interna de formato ovoide y reordenamiento en personajes de formas modulares.

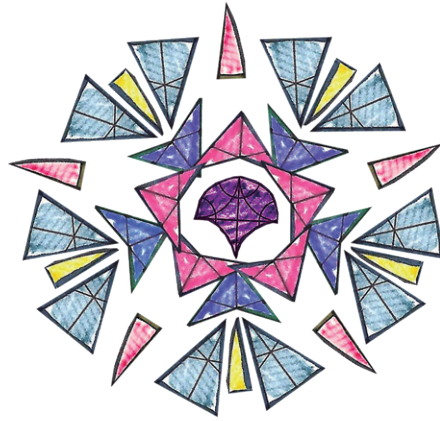
Nota. Fotografía, 2020. Jesús Daniel Mateus Pino.



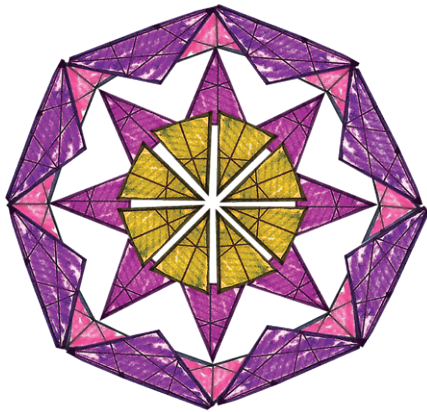
Categoría semántica: Símbolos.



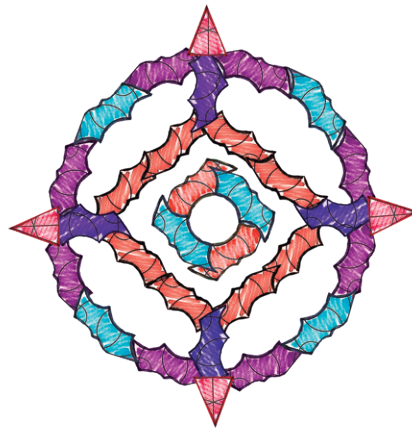
El sello de las brujas.



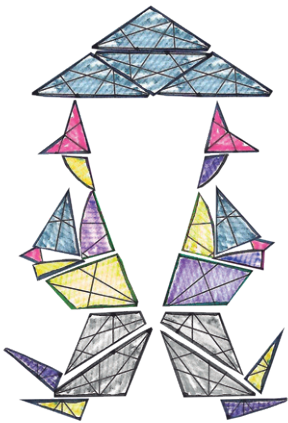
Sello de Sasir.



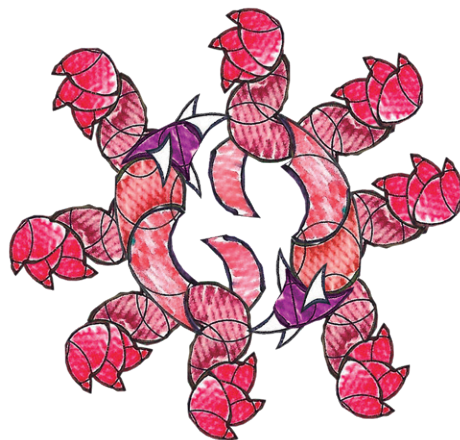
Conjuro hermético.



Cuerpo, alma y mente.



Viva la humanidad.

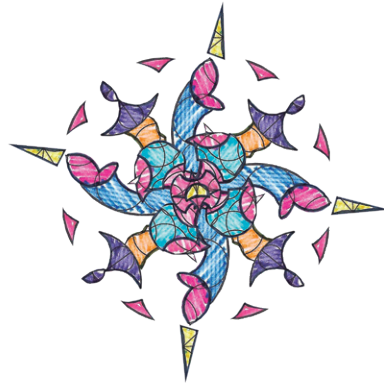


Marca buscada.

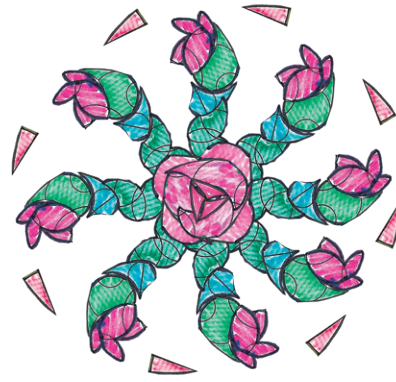
Imagen 4-32

Retículas para subdivisión interna de formato ovoide y reordenamiento en personajes de formas modulares.

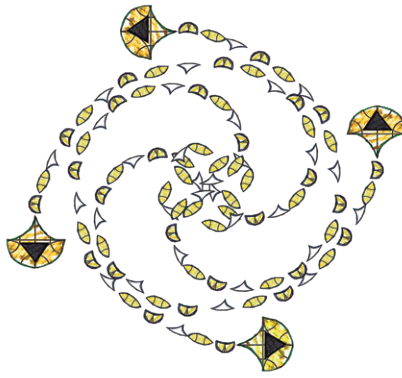
Nota. Fotografía, 2020. Jesús Daniel Mateus Pino.



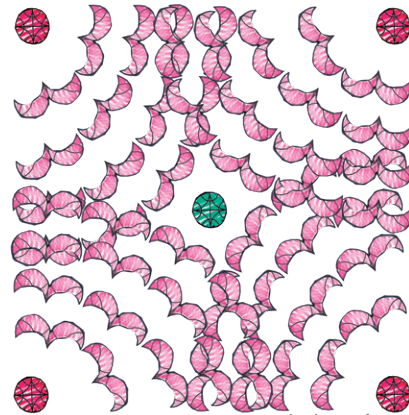
Pacto de la servidumbre.



Escudo de rosas.



Maldición del ángel.



Esquema de la magia.

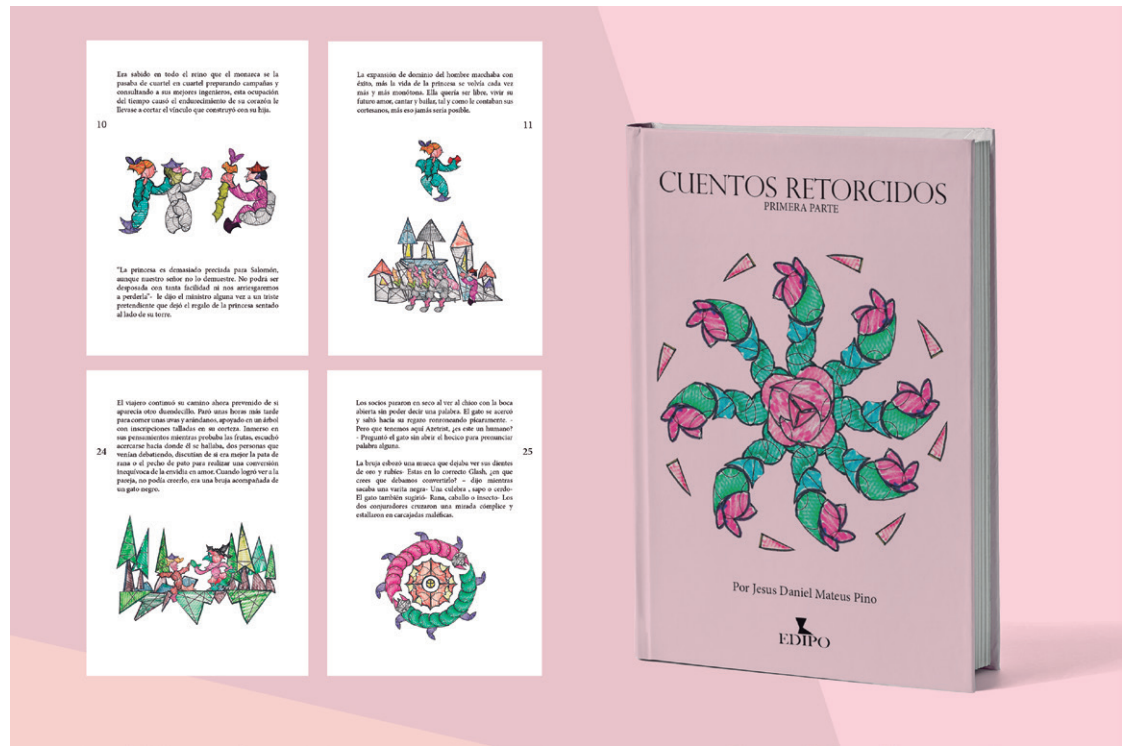


Imagen 4-33

Cuentos retorcidos.

Nota. Fotografía, 2020. Jesús Daniel Mateus Pino.



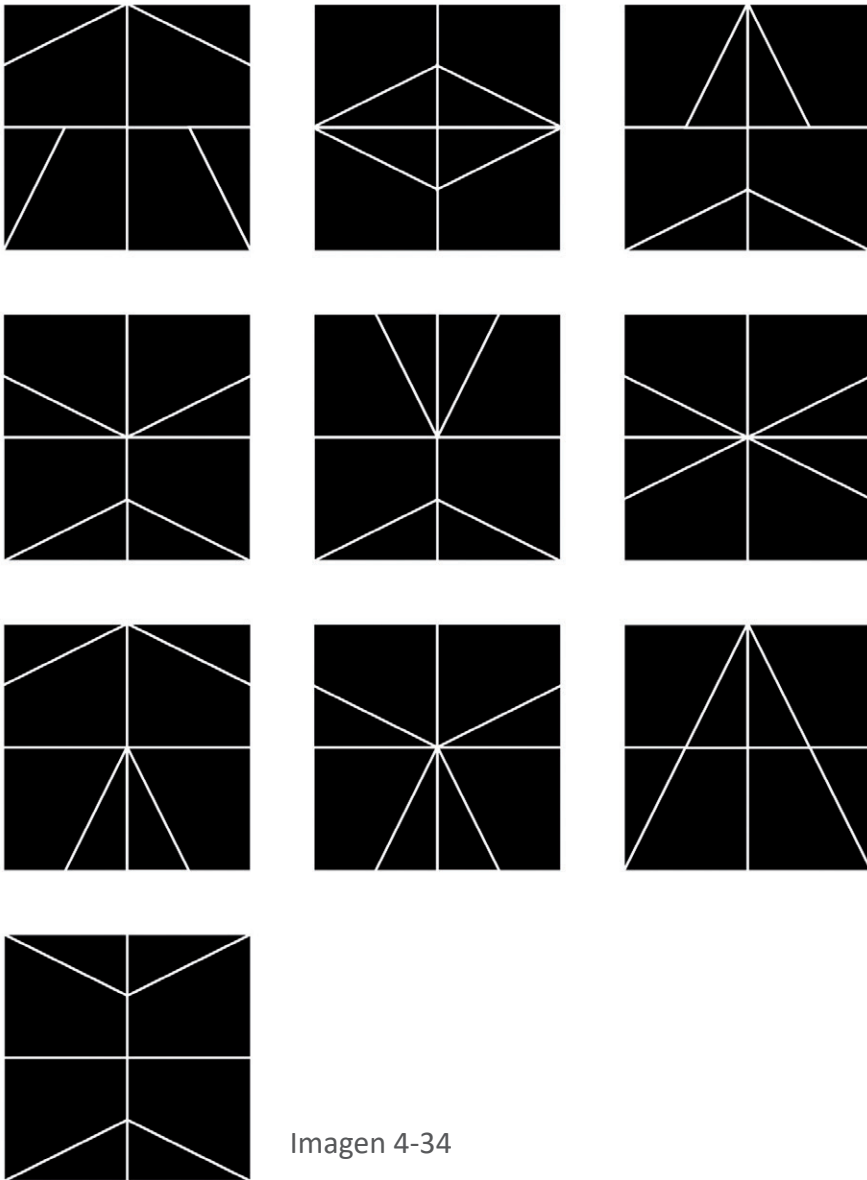


Imagen 4-34

División base del cuadrado.

Nota. Ilustración, 2020. Guevara Terranova Laura Valeria.

Consuegra (1992) menciona que en 1965 Bruno Munari, inspirado en el tangram, dividió un cuadrado aplicando el concepto de simetría bilateral (Imagen 4-34), luego recortó las partes y propuso múltiples posibilidades de reordenación, pero siguiendo en sus alternativas el mismo concepto de simetría bilateral y que la forma final sea otro cuadrado. Si se rompe la simetría se pueden obtener una gran cantidad de figuras nuevas.

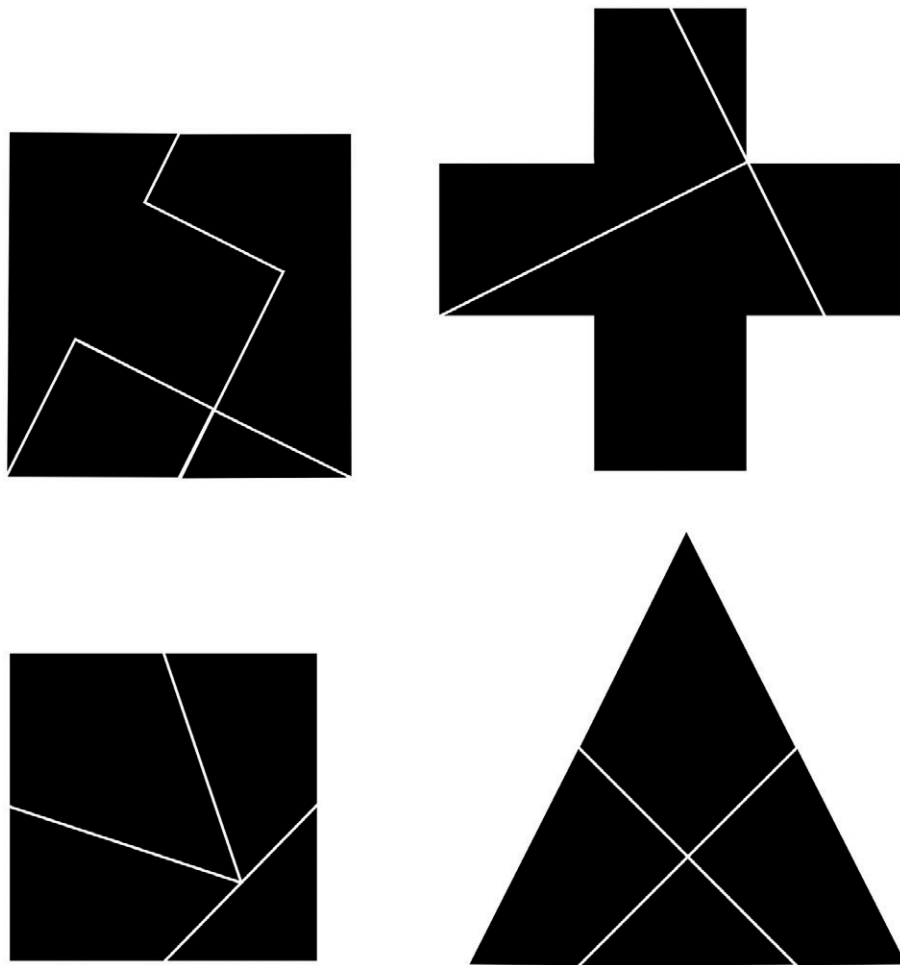


Imagen 4-35

Problemas de disecciones geométricas propuesto por Jean Etienne Montucia.

Nota. Ilustración, 2020. Guevara Terranova Laura Valeria.

A finales del siglo XVIII, según Consuegra, <<el matemático Francés Jean Etienne Montucia, propuso el problema de disecciones geométricas, que consiste en cortar en fragmentos una figura geométrica para luego reordenarlos en otra figura geométrica>> (Imagen 4-35). Por ejemplo, un cuadrado que se puede convertir en cruz, en triángulo o en un rectángulo. A medida que el tema cobró interés, el problema aumentó de complejidad; el objetivo es diseccionar un polígono de cualquier número de lados y reordenarlo en otro polígono de área igual.



Imagen 4-36 Mobiliario con elementos de interrelación formal.



Imagen 4-37

Exprimidor Juicy Salif de Philippe Starck para Alessi®. Predomina el distanciamiento en las patas y la unión con el cuerpo.

Nota. Adaptado de Philippe Starck, 2020, <https://mondo.cl/officio-mondo-exprimidor-juicy-salif-de-philippe-starck-para-alessi/#.XapD5egzaUk>

La imagen 4-36 muestra la Colección Torquemada (Driade), de Starck (2017), quien diseñó los muebles con un acabado rústico, transformando materiales con herramientas manuales. En la configuración predominan las líneas en distanciamiento y los planos en unión; de la obra se refirió Starck en los siguientes términos: <<Muy a menudo tenemos malas opiniones sobre el hombre de Cro-Magnon, su amigo de Neanderthal y la familia Picapiedra. Sin embargo, eran más sofisticados de lo que pensamos. Con suerte>>.

El artefacto exprimidor (Imagen 4-37) de Philippe Starck es una obra maestra que cambió el paradigma para obtener el jugo de un limón. Un claro ícono del postmodernismo en el diseño industrial, la ruptura definitiva con el modelo modernista de la forma sigue a la función; el artefacto parece más que una escultura conceptual. Starck lo definió así: <<este exprimidor no está pensado para exprimir limones, si no para iniciar conversaciones prolongadas>>.

Wingfield (2018) cita dos frases de Starck; la primera: <<Subversivo, ético, ecológico, político, humorístico ... así es como veo mi deber como diseñador>>. El diseñador es un irreverente del diseño. Y la segunda: <<Ya sea un cepillo de dientes, un avión o una silla, siempre es la misma filosofía: pensar en lo que el usuario ganará>>. La frase resume la esencia del diseño industrial: la funcionalidad.



Imagen 4-38

Zampoña cromática.

Nota. Ilustración, 2020. Guevara Terranova Laura Valeria.

Zampoña cromática.

Diseño con identidad y denominación de origen Inca, el aerófono se ha configurado con repetición de forma, toque y gradación de tamaño, además con un gran aporte ergonómico, pues es más fácil interpretar una melodía con la zampoña escalonada donde en un nivel se emplaza la escala natural y en el otro la pentatónica con sostenidos.



Imagen 4-39

Distanciamiento en las ranuras de la tostadora, que se ha configurado con bordes redondeados. El color amarillo contrasta con el brillo del acero inoxidable, denotando elegancia en un artefacto de uso cotidiano.

Nota. Adaptado de Kenwood, 2020, <https://stylelovely.com/primeriti/2015/10/19/equipa-tu-hogar-con-las-mejores-marcas-de-pequeno-electrodomestico/>

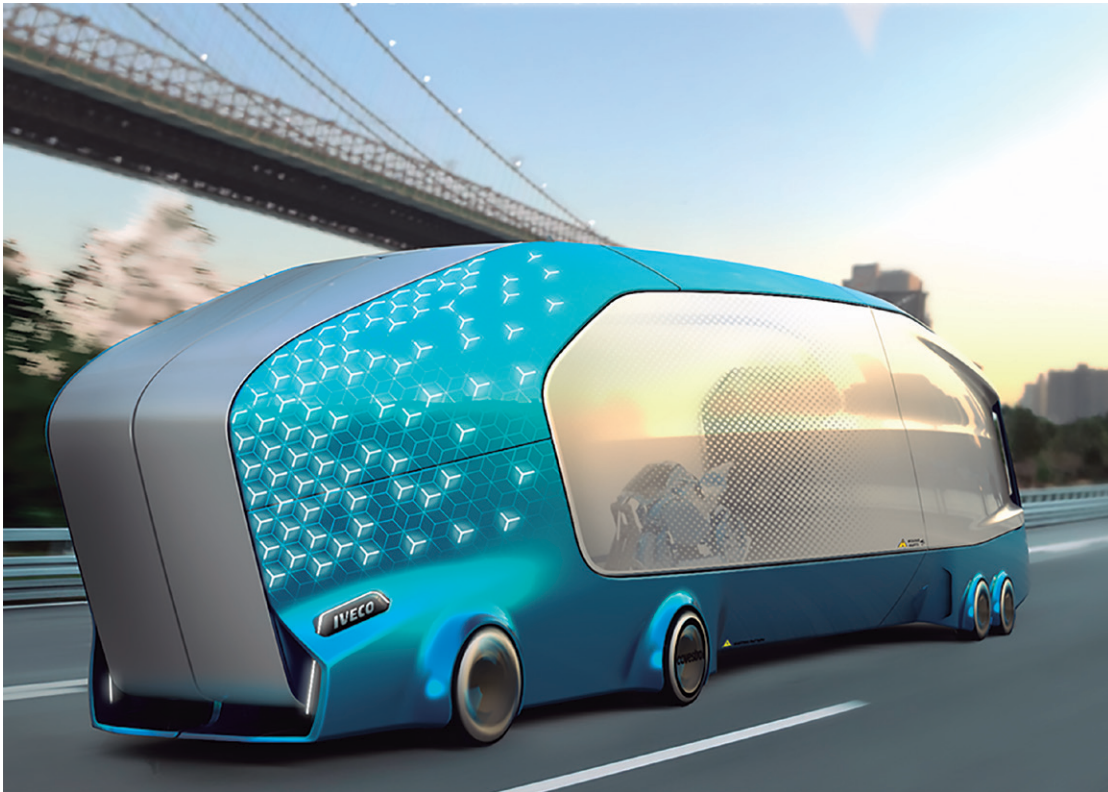


Imagen 4-40

IVECO - Moto GP Raceliner. Anja Didrichsons.

Nota. Adaptado de Iveco, 2020, <https://www.behance.net/gallery/55215147/MotoGP-Raceliner>

La propuesta de este medio de transporte se ha concebido con un control absoluto de la forma: los elementos visuales a manera de textura se aprecian por la repetición en toque, logrando una retícula de celda hexagonal que se repite en ritmo simple.

La formas circulares de las llantas, además de cumplir una función, se han dispuesto en distanciamiento con un equilibrado principio de proporciones.

La superposición se observa en la ventana que aparece en primer plano, integrándose con la carcasa logrando una unión con la misma.

El conjunto se puede encajar en dos paralelepípedos derivados del rectángulo dorado; uno se ha emplazado de forma horizontal y el otro de forma vertical.



Imagen 4-41

Bota con cordones híbridos. Alexander M. C. Queen.

Nota. Adaptado de M. C. Queen, 2020, <https://www.behance.net/gallery/55215147/MotoGP-Raceliner>

El accesorio se ha configurado a partir de la unión de patrones de cuero, y se ha propuesto una textura con formas cónicas básicas que se han distribuido con distanciamiento.



Imagen 4-42

Silla ergonómica para *gamers*.
Herman Miller y Logitech.

Nota. Adaptado de L.H.M., 2020, <https://hipertextual.com/2020/07/logitech-herman-miller-silla-gamers>

En febrero de 2018, Herman Miller y Logitech anunciaron que unirían el talento de sus equipos para crear una silla ergonómica para *gamers*. En noviembre de 2020, se presentó el resultado de su asociación. La silla, bautizada como Embody Gaming Chair, promete “una excelencia ergonómica” para *gamers* de ordenador; también es un producto enfocado en los *streamers* y jugadores profesionales del sector *e-sports*.

Para el diseño se creó un equipo multidisciplinario conformado por ingenieros, diseñadores, ergónomos, fisiatras y biomecánicos. El interés de esta alianza estratégica obedeció a que muchos *gamers* utilizaban las sillas de Herman Miller, aunque estas no estaban diseñadas para ese fin.

En su configuración controlada se han utilizado todos los principios de interrelación formal.



Imagen 4-43

Cochecito inteligente.

KIM HOGYOM LEE JEONGWON

Nota. Adaptado de Hogyom, 2020, <https://ifworlddesignguide.com/winners/if-design-award-2020-entries/professional-concept-awards?#/pages/page/entry/284343-take>

Este cochecito está equipado con tecnología inteligente y funcionamiento de sensores para mejorar la seguridad y comodidad de los bebés.

Las características clave incluyen una función de parada automática, sensores de temperatura y humedad en el asiento, una función de cinturón inteligente que indica si el cinturón de seguridad está colocado correctamente y una función de luz para uso nocturno. La capucha con sombra completa protege eficazmente a los bebés de la contaminación, el viento o las inclemencias. Hogyom (2020).

En su configuración controlada se han utilizado los principios de interrelación formal, logrando una alta calidad eurítmica y funcional.



Imagen 4-44

Termo con dos tazas. *Ping Lee.*

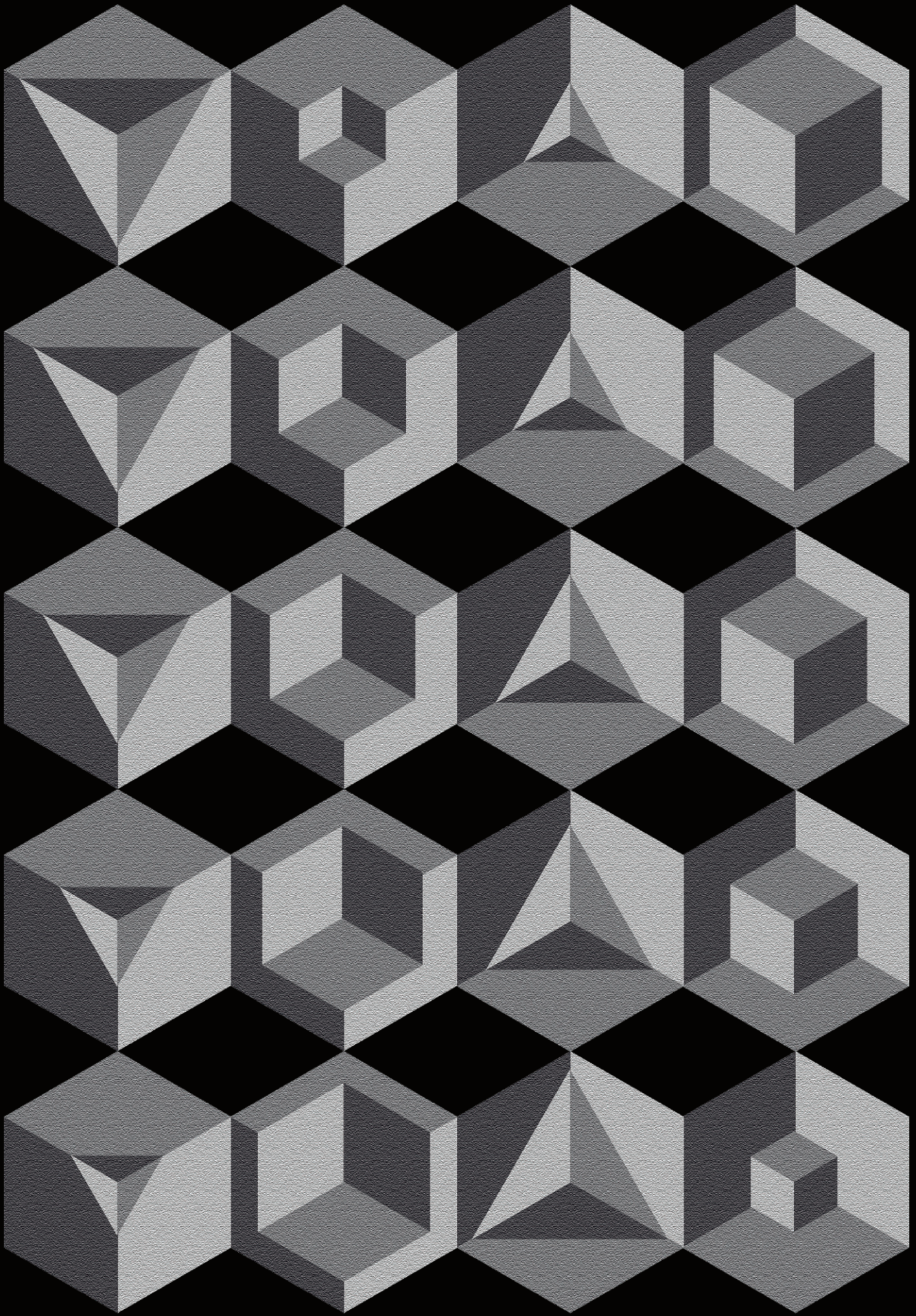
Nota. Adaptado de Termo, 2020, <https://co.pinterest.com/pin/430727151837115857/>

En la configuración del artefacto predomina la intersección, aunque se puede percibir como penetración.

Referencias y fuentes bibliográficas

- Consuegra, D. (1992). *En busca del cuadrado*. Ediciones Universidad Nacional de Colombia.
- Guevara, E. (2010). *Diseño industrial. Conceptos para construcción de la forma*. Ediciones UIS.
- Starck. (2017). Torquemada Collection (Driade) [Fotografía]. <https://www.starck.com/torquemada-collection-driade-p3335>
- Wingfield, J. (s.f.). Philippe Starck Biography by Jonathan Wingfield. Starck. <https://www.starck.com/about>
- Wucius, W. (1991). *Fundamentos del diseño bi y tri-dimensional*. Editorial Gustavo Gilli, S.A.





Capítulo 5

Percepción visual

Imagen 5.0.
Nota. *Pregnancia*, 2020. Guevara Terranova Laura Valeria.



El Diccionario de la lengua española define a la sensación como <<impresión que percibe un ser vivo cuando uno de sus órganos receptores es estimulado. Se puede tener sensaciones olfativas, visuales, táctiles y de dolor>> (2020).

La percepción es el proceso por el cual la información sensorial es organizada, analizada e interpretada por el cerebro.

Los humanos, al tener visión binocular, perciben el mundo en tres dimensiones.

Uriarte (2019, p. 1) afirma que la mayoría de vertebrados, entre ellos los humanos, tienen visión binocular. Cada uno de nuestros ojos forma una imagen diferente en su retina y es la superposición que hace el cerebro de estas dos imágenes la percepción de visión que finalmente tenemos y que nos permite ver los objetos en tres dimensiones. A través de la vista recibimos aproximadamente el 50 % de la información sobre nuestro entorno.

La vista, según Uriarte, es uno de los sentidos que más información lleva al cerebro, pero el cuerpo humano cuenta con otros sentidos que le permiten distintas maneras de percibir el entorno circundante, como la propiocepción a través de los músculos.

Con frecuencia la percepción se clasifica de acuerdo con los sentidos clásicos: visión, audición, tacto, olfato y gusto. Sin embargo, la lista es más amplia al hablar de tipos de percepción: Percepción visual. Percepción espacial. Percepción olfativa. Percepción auditiva. Cenestesia o de los órganos internos. Percepción táctil. Percepción del dolor. Percepción gustativa. Percepción térmica. Quimioestesia, de los sabores fuertes. Percepción del equilibrio. Cinestesia, del movimiento de tendones y músculos. Percepción del tiempo. Percepción del campo magnético. Percepción de la forma.

PERCEPCIÓN VISUAL

Muñoz (2019, p. 1) define la percepción visual como <<la capacidad de detectar la luz e interpretarla a través del sentido de la vista>>.

El ojo recibe información en forma de luz que se refleja de los objetos y superficies del entorno en que se encuentre el observador. El total de luz del entorno que estimula a los ojos se denomina campo visual.

Alberich (2014, p. 42) determina que el campo visual humano tiene una forma ovalada de unos 170° en su horizontal y unos 150° en su vertical, donde sólo la zona central se ve nítida. Nuestra percepción no desenfocada de la realidad responde al movimiento del ojo y a la composición que se hace nuestro cerebro de la información recibida. Si realmente fijáramos la vista en un punto y la dejáramos quieta, el resto lo veríamos desenfocado.

La luz que se refleja del campo visual forma una imagen retiniana, que consiste en la distribución bidimensional de la luz, de varias intensidades y longitudes de onda en la retina. La intensidad y la longitud de onda de cada punto luminoso de la imagen están determinadas por la combinación de

cuatro aspectos generales del entorno y su relación con el observador: fuente de luz, reflectancias, orientaciones de la superficie y posición de visión.

Fuente de luz

La fuente de luz se refiere a la dirección e intensidad de las regiones del entorno que emanan luz. Por ejemplo: en un escenario natural al aire libre, existe una sola fuente de luz primaria (el sol). La mayor parte de luz que reflejan los objetos proviene de la fuente primaria, aunque los reflejos de luz de una superficie a otra pueden proporcionar fuentes secundarias de iluminación. En una escena interior podrá haber más de una fuente primaria de luz (varios focos) y muchas secundarias (espejos o muros reflectantes).

Según DeConceptos (2019), <<existen fuentes luminosas naturales, como el Sol, que es una fuente primaria o la Luna, que es una fuente secundaria pues refleja la luz del Sol; y otras de tipo artificial, de creación humana como una lámpara eléctrica>>.

Reflectancia

El segundo factor que determina la naturaleza de la imagen retiniana son las propiedades de reflectancia de las diversas superficies que entran en contacto con la luz. Unas superficies absorben más luz de una región del espectro de longitudes de onda que de otras regiones, por lo cual podemos percibir superficies de distintos colores. Por ejemplo, si una superficie absorbe longitudes de onda cortas y medianas y solo refleja las mayores, entonces la parte de la imagen retiniana de esta superficie contendrá únicamente luz roja. Además de las características de reflectancia y longitudes de onda, las superficies absorben diferentes cantidades de luz. Algunas son muy reflectantes y lucen brillantes como un espejo, otras absorben gran parte de la luz y se observan como opacas o mates. Thefreedictionary (2019) define la reflectancia como: <<Capacidad de un cuerpo o material que refleja la luz>>.

Iluminet (2019) afirma que la reflectancia es el fenómeno en que un espectro de la luz es reflejado por la superficie de un objeto. El grado en que esto sucede depende del material del objeto pues determinados elementos absorben cierto espectro del rango luminoso mientras reflejan otro. El color reflejado es el que vemos.

Los humanos perciben un espectro que va de del rojo al violeta y discriminan los colores según su longitud de onda. El espectro visible de luz es el espectro de radiación electromagnética que es visible para el ojo humano. Va desde una longitud de onda de 400 nm hasta 700 nm. También se conoce con otro nombre: el espectro óptico de la luz. Se puede establecer la siguiente categorización en cuanto a las longitudes de onda y el color que vemos: 625 - 740: Rojo. 590 - 625: Naranja. 565 - 590: Amarillo. 520 - 565: Verde. 500 - 520: Cian. 435 - 500: Azul. 380 - 435: Violeta.



Imagen 5.1

Nota. Ilustración, 2020. Guevara Terranova Laura Valeria.

Espectro visible con colores intermedios.

Orientación de la superficie

La orientación de la superficie se refiere a la relación que existe entre la fuente de luz y la posición del observador. Se determina con respecto a una línea imaginaria, perpendicular a la superficie, conocida como normal a la superficie. Por ejemplo, una superficie orientada para una reflexión óptima sería una en la que el ángulo entre la dirección del observador y la superficie fuera exactamente el mismo que el ángulo entre la dirección del observador y la normal a la superficie. En la medida en que estos dos ángulos se vuelvan más desiguales, se reflejará menos luz de los objetos en la imagen del artefacto que se percibe.

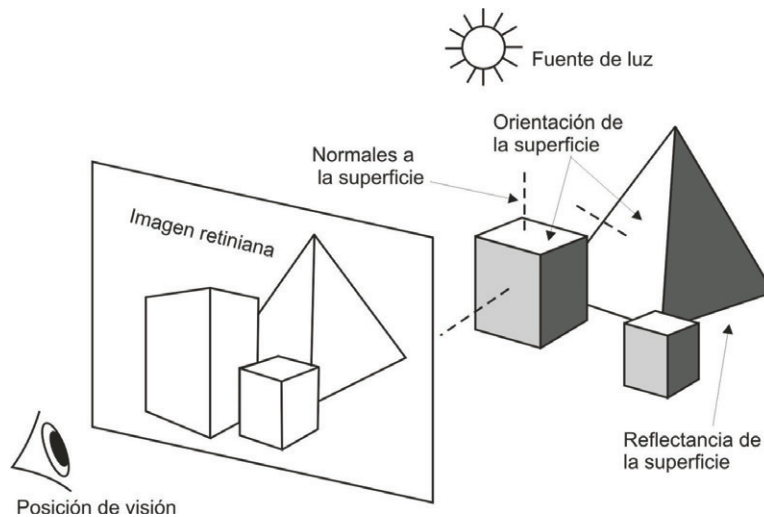


Imagen 5-2

Propiedades del entorno visual.

Nota. Ilustración, 2020. Guevara Terranova Laura Valeria.

En la imagen 5-2 la superficie de la pirámide refleja más luz hacia el ojo del observador que las superficies de los bloques orientados en la misma dirección. Esto se debe a que el ángulo entre la superficie y la fuente de luz es aproximadamente igual al ángulo entre la superficie y el ojo.

Posición de visión

La posición de visión es la relación que existe entre los ojos del observador y la escena. Si la persona se mueve alrededor o se aleja de un objeto que está observando, entonces la imagen retiniana en sus ojos también cambia, haciendo que la forma se perciba de manera distinta. La imagen es muy diferente si se observa un objeto desde alguno de sus planos principales (frente, planta o perfil) o en perspectiva. Esto en geometría descriptiva se conoce como proyección ortogonal y vistas dirigidas.

En la imagen 5-3 se puede analizar el concepto de orientación de la superficie, pues se observan diferentes superficies que reflejan la luz de formas distintas, algunas regiones están completamente iluminadas y otras en penumbra, se ven diferentes tonos de gris. La posición de visión o vista dirigida se puede apreciar en la región que muestra al artefacto en perspectiva, al usuario en una vista frontal en una secuencia de uso y en el empaque que muestra parcialmente el taladro y sus accesorios. En el empaque también es evidente la luminosidad con respecto de la orientación de las superficies.



Imagen 5-3

Taladro diseñado por *Pascal Ruelle*.

Nota. Adaptado de Ruelle, 2020, <https://www.behance.net/gallery/21573095/HOYO-drill>

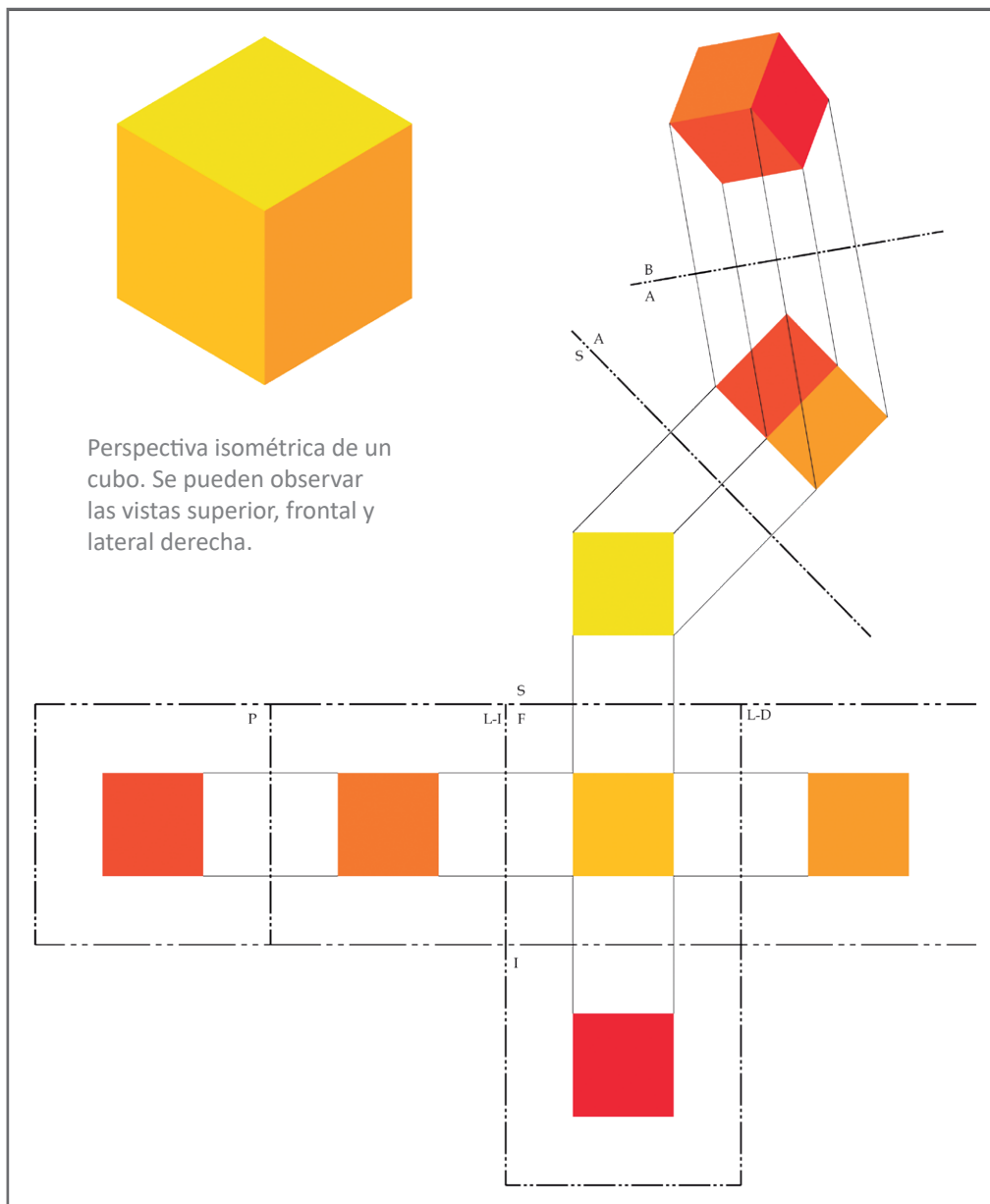


Imagen 5-4

Proyección ortogonal y vista dirigida de un cubo.

Nota. Ilustración, 2020. Guevara Terranova Laura Valeria.

En la imagen 5-4 se muestra un cubo con los conceptos de posición de visión, proyección ortogonal y vistas dirigidas. La proyección ortogonal muestra un cuadrado del cubo en las vistas superior, frontal, lateral izquierda, lateral derecha, inferior y posterior.

En la vista Auxiliar A, el observador puede ver dos caras que corresponden a la vista posterior y lateral derecha.

En la proyección Auxiliar B es posible observar tres caras del cubo, y que corresponden a las vistas inferior, lateral izquierda y posterior; es una vista dirigida en donde la diagonal del cubo se ve como punto. Es lo mismo que la posición de visión, que puede lograrse de dos maneras: la primera dejando fijo el cubo en el espacio y el observador gira alrededor, y la segunda cuando el observador no se mueve y es el cubo el que gira en el espacio.



Imagen 5-5

24 posibilidades de observar un cubo cuando la diagonal aparece como punto.

Nota. Ilustración, 2020. Guevara Terranova Laura Valeria.

En la imagen 5-5, se pueden apreciar 24 alternativas de posición de visión. El cubo va girando en el espacio, ubicando siempre tres vistas de la proyección ortogonal. El observador mira la diagonal del cubo como un punto; cuando este observador se ubica en otras posiciones del espacio, como en las vistas auxiliares A o en B, la persona modifica su percepción del artefacto.



Imagen 5-6

Contorno de una línea.

Nota. Ilustración, 2020.

Guevara Terranova Laura Valeria.

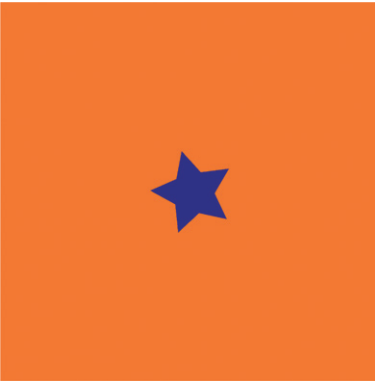


Imagen 5-7

Contorno de una forma estrellada que genera contraste con el fondo.

Nota. Ilustración, 2020.

Guevara Terranova Laura Valeria.



Imagen 5-8

La forma estrellada tiene muy poco contraste con el fondo.

Nota. Ilustración, 2020.

Guevara Terranova Laura Valeria.

PERCEPCIÓN DE CONTORNOS

Según Palmer (2007), el sistema visual parece dividirse en regiones de brillantez uniforme, que por lo general se conocen como formas. Estas se separan del fondo, o de otras formas, mediante contornos.

Un contorno es una imagen retiniana que cambia con la intensidad de la luz generando contraste, como por ejemplo, una línea negra pintada sobre un fondo blanco consta de dos contornos: el primero donde el fondo blanco cambia a negro y el segundo donde la tinta negra cambia a fondo blanco (Imagen 5-6).

También los colores complementarios generan contraste y permiten discriminar con más resolución una figura del fondo, como por ejemplo, una forma estrellada de color azul sobre un fondo anaranjado (Imagen 5-7).

En términos generales, las formas son regiones de la imagen retiniana rodeada por contornos. Además de las dimensiones espaciales de las regiones, las formas pueden tener otros atributos: color, textura, profundidad e incluso movimiento. Los atributos de la forma se denominan características. El sistema visual interpreta las formas en la imagen retiniana como objetos del mundo real, pero debido a que esto es una interpretación que sucede en el cerebro, puede haber errores de interpretación e inclusive ilusiones visuales.

Los contornos son elementos básicos de la percepción visual, si los contornos desaparecen, se pierde la capacidad para percibir formas. Si una forma se ubica en un ambiente que no tiene cambios bruscos de luminancia, es decir un entorno homogéneo de estimulación, entonces el contorno de la forma desaparece y no es posible, en este caso, discriminar la forma del fondo. Es similar a observar un artefacto de color blanco ubicado delante de una gran pared blanca que se extiende más allá de nuestro campo visual, o a observar una forma que contrasta muy poco con el fondo, generando así una situación de camuflaje (Imagen 5-8).

El camuflaje artificial utiliza el mismo principio natural del mimetismo, estrategia que han desarrollado muchas especies para confundirse con el entorno y pasar desapercibidos. Ese mismo principio se ha tomado como referencia para configurar artefactos (principalmente en el campo militar) que puedan confundirse con el entorno (Imagen 5-9).

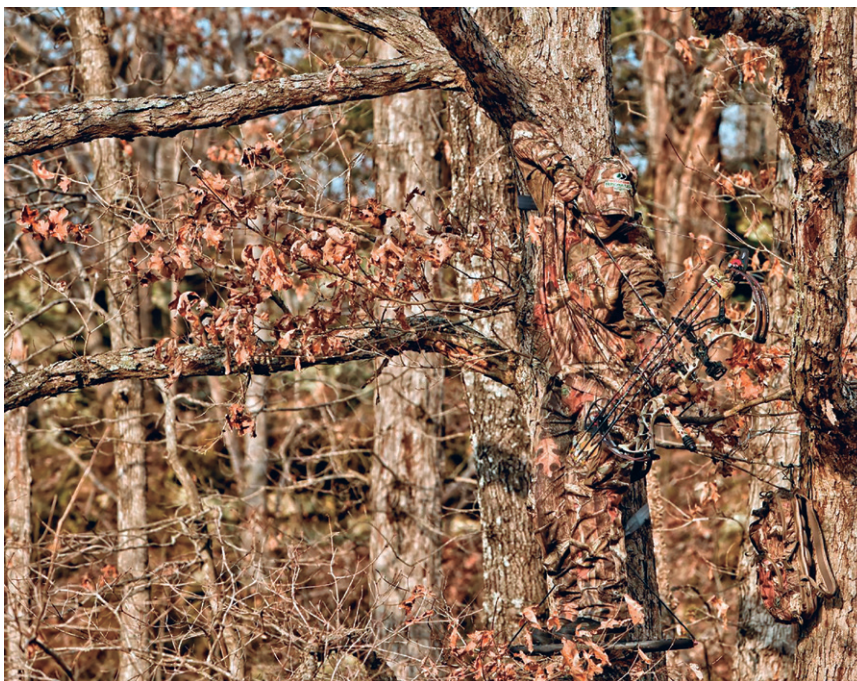


Imagen 5-9

Camuflaje y mimetismo.

Nota. Adaptado de Camuflaje, 2020, <https://es.tokkoro.com/Fondo-de-pantalla-de-camuflaje-para-ventanas-5672500.html>

Cuando se diseña un artefacto que involucre elementos de dirección y control, las formas deben ser completamente discriminadas del fondo, de lo contrario se corre el riesgo de crear confusiones y errores de percepción, llevando al usuario a realizar maniobras incorrectas por una mala interfaz.

Dacarett (2019) cita a Hermann quien, en 1870, planteó una rejilla de color blanco sobre fondo negro, creándose una ilusión que se caracteriza por la aparición de zonas grises en la intersección de las líneas horizontales y verticales de la rejilla; a veces las zonas parecen centellar.

Es importante resaltar que las intersecciones blancas que se observan directamente no parecen tener manchas grises, las manchas grises aparecen solamente en las intersecciones blancas que no se observan con fijeza (Imagen 5-10).

Dacarett llama al fenómeno descrito <<inhibición neural lateral, manifestado por influencias periféricas en la percepción de un contorno, que parece provenir de las interacciones que ocurren entre las neuronas de la retina>>. Las neuronas ganglionares de la retina tienen una organización centro-periferia, lo que significa que si el centro del campo es excitado por una luz, entonces la periferia será inhibida. Una cantidad de células ganglionares tiene la organización contraria, con una respuesta inhibitoria a la luz en el centro y excitatoria en la periferia.

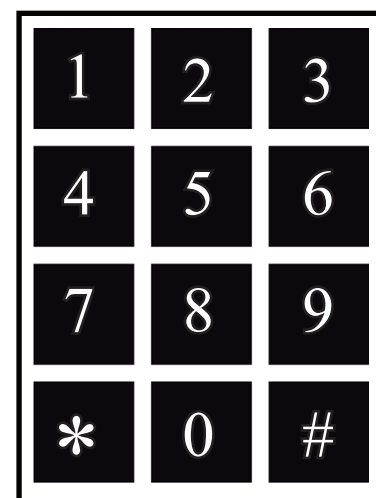


Imagen 5-10

Rejilla de Hermann aplicada en un teclado numérico.

Esta configuración puede conducir al usuario a interpretar mal la información.

Nota. Ilustración, 2020.

Guevara Terranova Laura Valeria.



Imagen 5-11

Copa llena y copa vacía.

LSA International. Copas De Champán Moya.

Nota. Adaptado de LSA International, 2020, https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/61i0cy4icjL._AC_SL1500_.jpg

EXTRACCIÓN DE CARACTERÍSTICAS

Las formas que percibe el cerebro a partir de la imagen retiniana poseen unas características que las diferencian de otras, como por ejemplo el color, la textura, la reflectancia o el tamaño.

En la imagen 5-11 se muestran dos copas de champán, una está llena y otra está vacía; las diferencias sutiles de las dos situaciones se pueden percibir por el contraste que genera el líquido sobre la superficie. Por experiencia previa con los artefactos y el contexto, se perciben dos copas fabricadas con vidrio y metal, una está llena con un fluido espumoso y la otra está vacía.

Existe un experimento llamado Búsqueda Visual que permite determinar cuáles son las características básicas del sistema visual humano. El experimento consiste en que un sujeto busca la presencia de un solo elemento objetivo que se encuentra rodeado de otros elementos distintos, la cantidad de elementos, por llamarlo así, distractores se presentan al sujeto cada vez con mayor complejidad. Si el tiempo que necesita el sujeto para hallar el objetivo permanece aproximadamente igual cuando se incrementa la cantidad de distractores, se considera que es una característica visual básica.

En la imagen 5-12, se trata de encontrar la forma completamente circular.

La configuración de los artefactos de diseño industrial debe ser depurada, denotando una interfaz que evidencie la manera de usarlo, es decir, su característica debe ser de alta calidad funcional.

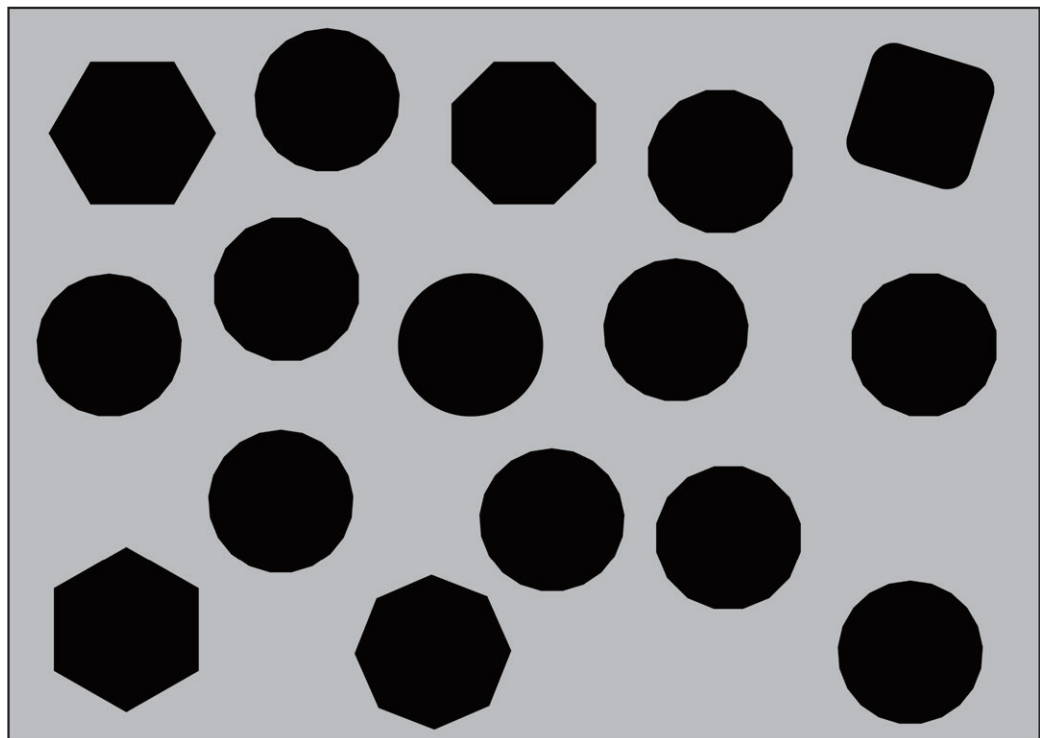


Imagen 5-12

Búsqueda visual.

Nota. Ilustración, 2020. Guevara Terranova Laura Valeria.

ORGANIZACIÓN PERCEPTUAL

Los objetos perceptuales recuerdan de manera fiel a los objetos del mundo real; una silla en nuestra conciencia es idéntica a una silla del mundo real.

Existen personas con memoria eidética o fotográfica, esta habilidad permite recordar con gran detalle las características de un artefacto o una escena, y reproducirla en un dibujo o en una maqueta, o describirla verbalmente.

Pero ¿cómo se percibe esto en nuestra conciencia? Parece ser que el objeto perceptual se construye a partir de un conjunto de características o atributos que se detectan en un lugar espacial. A continuación se analizará la forma en que esto ocurre.

Figura y fondo

Según Oviedo (2004), para el grupo de psicólogos que formaron la escuela de la psicología *Gestalt* (Max Wertheimer, Kurt Koffka y Wolfgang Kohler), fue fundamental la pregunta general sobre el modo en que la percepción llega a organizarse en patrones y formas.

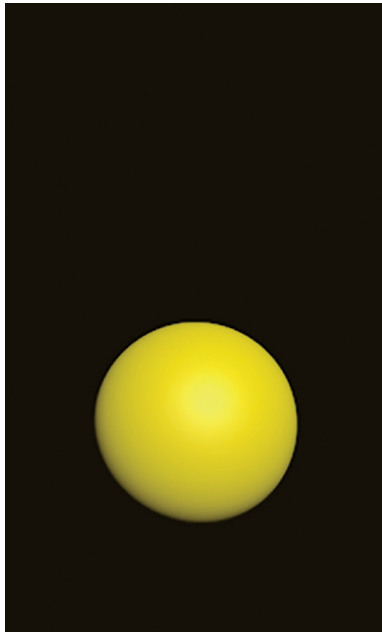


Imagen 5-13

Figura y fondo.

Nota. Ilustración, 2020.
Guevara Terranova Laura Valeria.

El término *Gestalt* se traduce como forma o contorno. Los contornos son los límites de un objeto, y constituyen la información que es llevada de la retina al cerebro para ser percibida e interpretada.

Los gestaltistas se interesaron en los procesos que hacen que ciertos elementos visuales parezcan formar parte de la misma figura o grupo y otros que parecen pertenecer a otras figuras o grupos. Formularon varias leyes de la organización perceptual que rigen el surgimiento de una figura visual.

Pérez (2012, p. 1) afirma que:

Una figura es, entre otras cosas, la apariencia o el aspecto externo de un cuerpo u objeto, a través de la cual se puede distinguir frente a otros. En la geometría, una figura es una línea o un conjunto de líneas que cumplen el objetivo de representar un objeto. También se le dice figura a la superficie delimitada por líneas cerradas (como un cuadrado o un rectángulo)

Una figura es un conjunto de contornos cerrados que tiene cierta clase de propiedades, como las del objeto en nuestra conciencia. La figura se percibe en primer plano, y se distingue del fondo por ser este más abierto y distante del observador. Un ejemplo básico de figura y fondo es el que se muestra en la imagen 5-13, en la que se observa en primer plano una esfera como figura, y en segundo plano un fondo negro. El color de la esfera reafirma el sentido de figura y fondo, pues el amarillo sobre negro es el mayor contraste que se puede generar.

Cuando hay poco contraste entre figura y fondo, se derivan errores de percepción, a veces el fondo se ve como figura y en algún instante se invierte la percepción. Esto puede verse en la figura del rostro o del florero que propuso Rubin (Ver imagen 5-14). Cuando se la observa es posible que se vea un par de siluetas de rostros que se miran entre sí, o bien, un florero.

El florero se ve blanco sobre un fondo negro, en tanto que los rostros se ven negros contra un fondo blanco. Nótese que, durante un corto tiempo, las dos organizaciones de patrones se alternan en la conciencia, es decir, que unas veces percibimos los rostros y otras veces el florero, lo que demuestra que la organización de figura-fondo no está en el estímulo, sino en la mente de quien observa, además los rostros y el florero nunca aparecen juntos, aunque sabemos que existen dos imágenes diferentes, pero no es posible verlas al mismo tiempo.

Es imposible que una parte determinada de un patrón visual se interprete de manera simultánea como figura y como fondo.

En términos generales, mientras más pequeña sea el área de la forma, que se ubica sobre un fondo, es más probable que se la perciba como figura. En la figura de Rubin, es más fácil percibir los rostros cuando el área negra es más pequeña y se discrimina el florero cuando en área blanca es más pequeña (Ver parte superior de la imagen 5-14).

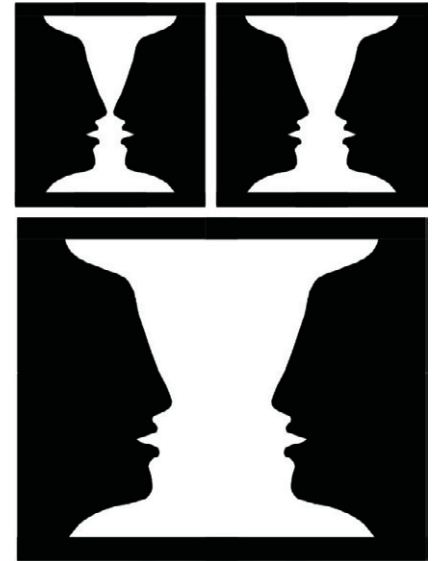


Imagen 5-14

Imagen dual de Rubin.

Nota. Ilustración, 2020.

Guevara Terranova Laura Valeria.

Esta dualidad o inversión perceptual es muy utilizada en el diseño de identidad gráfica, como son los logos y marcas; un ejemplo se muestra en la imagen 5-15 en donde se puede apreciar, confundidos en el logotipo de Toblerone, un triángulo irregular, una montaña y un oso mimetizado con la nieve de la montaña. El logotipo fue diseñado por Theodor Tobler en 1908, en la palabra Toblerone, aparecen las letras 'B', 'E', 'R', 'N' que es el nombre de la ciudad de origen de la marca; aparentemente la montaña es Matterhorn, que se encuentra en los Alpes suizos. Toblerone se ha convertido en una marca con denominación de origen que identifica una región.

En diseño bidimensional, es importante resaltar la figura del fondo y no crear espacios ambiguos que lleven a interpretaciones erróneas de lo que se quiere comunicar. Igual énfasis se debe tener cuando se diseñan artefactos con tableros de interfaz para el accionamiento de mandos y controles operacionales.



TOBLERONE

Imagen 5-15

Imagen dual con base en la figura de Rubin.

Nota. Adaptado de TOBLERONE, 2020,

Fuente <https://1000logos.net/toblerone-logo/>

Sobre la discriminación formal se pueden establecer cuatro principios: asimilación, contraste, figura y fondo.

La asimilación es la tendencia a homogeneizar las diferencias entre los estímulos visuales, logrando cohesión en el entorno.

El contraste es la tendencia a magnificar las diferencias entre los estímulos visuales, logrando segregación de artefactos independientes, reconocibles y diferenciados.

La figura es delimitada, estructurada, contrastante, reconocible, adquiere significado, sobresale en primer plano y se recuerda eidéticamente.

El fondo es difuso, indiferenciado, periférico, se ubica en segundo plano y se evoca sin detalles distinguibles.

En la imagen 5-16 se observan varias alternativas de discriminación de figura fondo: en A, no se discrimina la figura del fondo, en B y C, el efecto persiste pero con menor intensidad, y en D y E, las formas cuadradas se perciben en primer plano. La percepción puede cambiar si se aplica el principio de urgencia de organización de las formas.

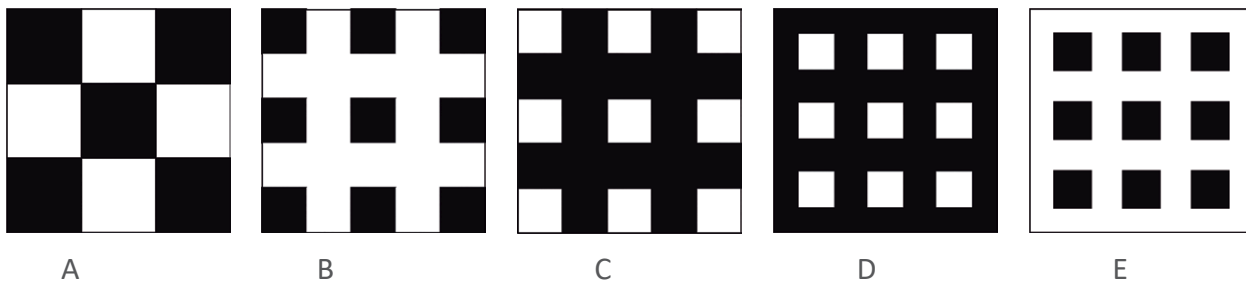


Imagen 5-16 Discriminación figura fondo. Nota. Ilustración, 2020. Guevara Terranova Laura Valeria.

Pregnancia

Dziekonski (2003, p. 12) cita a Vaisman (1968), quien afirma:

El hombre tiene una visión estereoscópica, puede acomodar la retina, no solo para ver, sino también para distinguir un objeto de un fondo. Pero para hacer esto tiene que enfocar y desenfocar lo demás. Puede, pues, ver y distinguir todos los objetos, unos de otros. Y, sin embargo, el hombre no ve todo, sino lo que le interesa, y lo que le interesa aparece condicionado por lo que busca.

Muchas veces enfrentamos un estímulo visual que carece de contornos o que presenta ambigüedad de percepción. El cerebro tiende a organizar la información de la manera más simple posible, y muchas veces se recurre a situaciones conocidas o referentes para realizar una comparación; este proceso de simplificación se conoce como pregnancia.

La pregnancia está directamente relacionada con el principio de urgencia de organización de las formas, que consiste en buscar patrones o formas conocidas en entornos caóticos. Un ejemplo muy sencillo es buscar imágenes en un cúmulo de nubes.

Oviedo (2004, p. 93) define la pregnancia como: <<La tendencia de la actividad mental a la abstracción dentro de la mayor simplicidad posible>>.

En el diccionario castellano pregnancia significa cualidad de las formas visuales que captan la atención del observador por la simplicidad, equilibrio o estabilidad de su estructura, sin embargo, en diseño se considera la pregnancia como la percepción más simple que el individuo realiza con respecto a un estímulo visual.

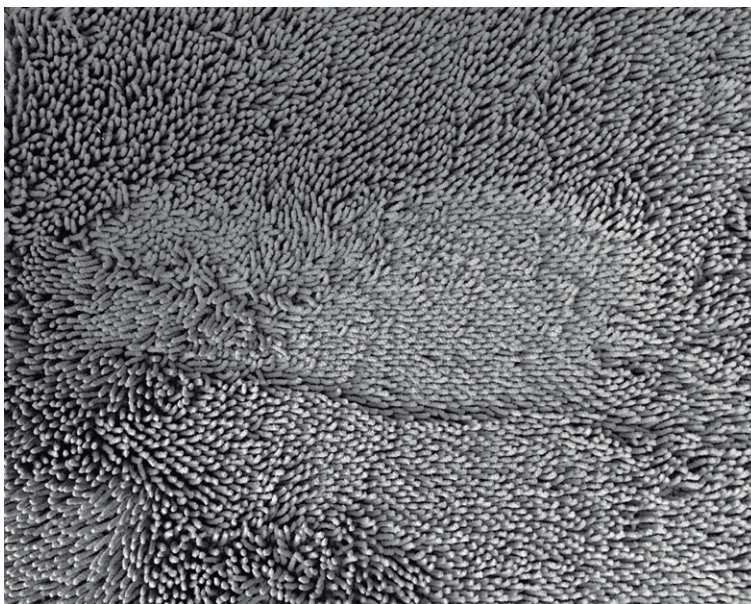


Imagen 5-17

Urgencia de organización de las formas. ¿Qué evoca la imagen?

Nota. Fotografía, 2020. Guevara Terranova Laura Valeria.

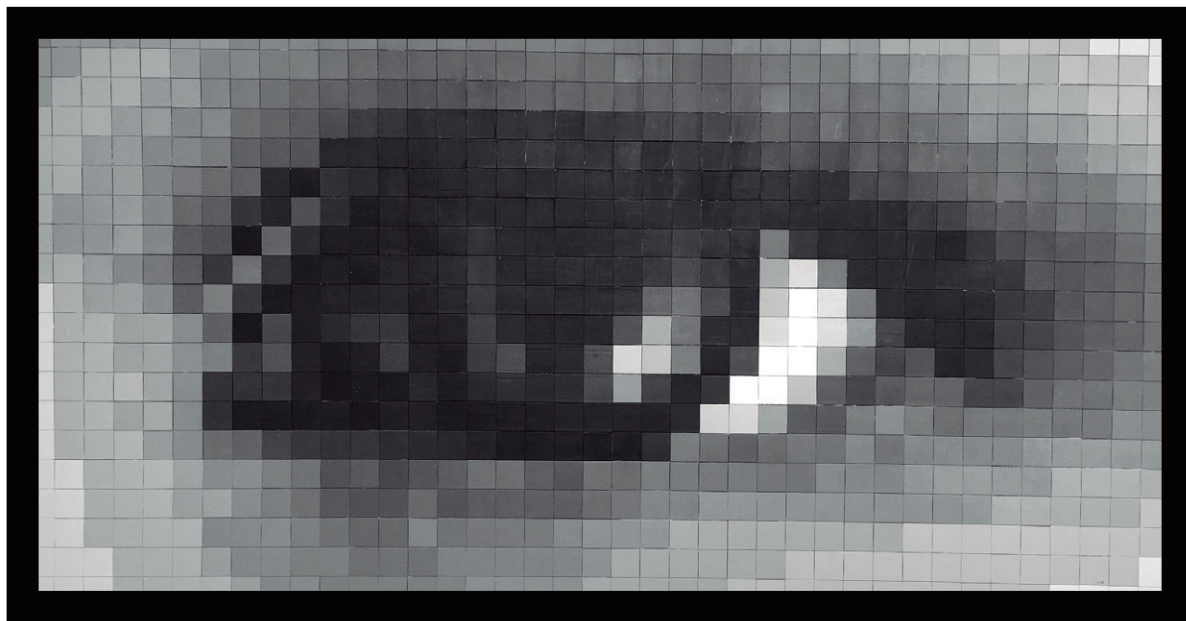


Imagen 5-18 *Pregnancia*. Mural: *Reinaldo Flórez*. Nota. Fotografía, 2020. Guevara Terranova Laura Valeria.

La imagen 5-18 muestra un mural emplazado en la Escuela de Diseño Industrial de la Universidad Industrial de Santander de Colombia. Se puede observar que es una composición o un arreglo con base en un módulo cuadrado que se repite con un ritmo simple y en diferentes tonos de gris. En una primera aproximación visual, se observan unas formas dispuestas como al azar, luego se realiza una acción pregnante y, acudiendo al principio de urgencia de organización de las formas, se compara el estímulo visual con una situación conocida. La percepción final es un ojo, aunque realmente no está definido por contornos; entre más lejos se encuentre el observador del mural, percibirá una mezcla óptica a manera de puntillismo, discriminando la imagen con mayor resolución.

AGRUPAMIENTO DE FIGURAS

La mayor parte de las formas y artefactos que observamos se componen de varios elementos y es posible tener muchas maneras de organizar los estímulos visuales. Los investigadores de la *Gestalt* dedujeron la forma en la que los elementos de los patrones visuales tienden a organizarse en percepciones similares a objetos o formas. Enumeraron los diversos principios que descubrieron en lo que ahora se conoce como leyes gestálticas de la organización perceptual.

LLorente (2016, p. 108)

Argumenta que las nociones de la *Gestalt* se han reformulado y ampliado, concluyendo que los principios de agrupamiento perceptual de las formas se sintetizan en diez conceptos básicos fundamentales: proximidad, similitud/ semejanza, destino común generalizado, simetría, cierre, continuidad, paralelismo, sincronía, región común y conectividad.

Se incluyen algunas sub-clasificaciones dentro de los principios básicos anteriores. Por ejemplo, dentro del agrupamiento por similitud/ semejanza se incluyen especificaciones como agrupamiento por semejanza de forma, agrupamiento por semejanza de color, agrupamiento por semejanza de tamaño, etc. Dentro del agrupamiento por conectividad, puede existir la conectividad de elementos o la conectividad uniforme.

Proximidad

Este principio afirma que los artefactos más cercanos entre sí tienden a percibirse como una unidad o un grupo de formas. Un estímulo visual de formas adyacentes con un corto distanciamiento entre ellas, se percibe como un sistema independiente y diferente de otro grupo que se distancia a mayor longitud.

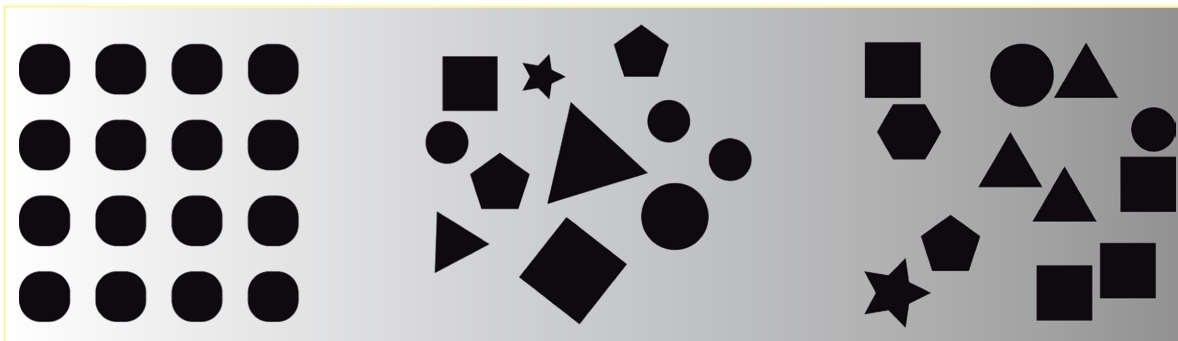


Imagen 5-19 Agrupación por proximidad. Nota. Ilustración, 2020. Guevara Terranova Laura Valeria.

En la imagen 5-19, se observan tres grupos de formas que se perciben por proximidad: un grupo en la parte izquierda, otro en el centro y otro en la derecha. En el grupo de la izquierda se muestran unas formas con igual distanciamiento, que se perciben como filas o columnas, incluso en diagonales. Si se miran las formas durante un lapso prolongado, parecerá que la organización cambia de manera espontánea. Ciertos patrones, como las filas y columnas, parecen tener preferencia, y las organizaciones diagonales se perciben con menor frecuencia, pues el distanciamiento en diagonal cambia.

En el grupo del centro se muestran distintas formas con variaciones de tamaño y dirección y el distanciamiento entre las formas varía; por el principio de agrupamiento por proximidad es posible percibir subgrupos.

En el grupo de la derecha puede observarse lo que Wertheimer concluyó: cuando se altera el espaciado entre formas adyacentes, de modo que algunas queden más cercanas que otras, las más cercanas se agrupan en pares.

El pareamiento también puede darse por similitud de distanciamiento, aunque las formas no sean las mismas.



Imagen 5-19A

Proximidad.

Se puede percibir como pares a las líneas que tienen menor distanciamiento, predominando sobre el pareamiento de líneas con mayor distanciamiento.

Similitud

Los artefactos similares en forma, color, textura y brillantez se agrupan en conjuntos.

LLorente (2016, p. 104) cita a Wertheimer (1923) quien afirma: <<Si todas las demás formas son iguales, los elementos más similares (en color, tamaño, orientación o textura) tienden a ser agrupados entre sí>>.

Los artefactos también se pueden agrupar en categorías semánticas, como por ejemplo las formas que se pueden armar con las fichas del tangram.

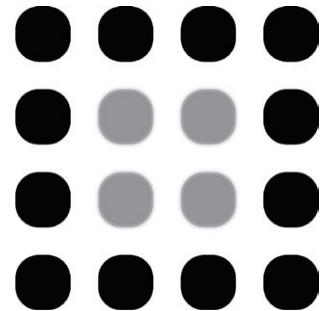


Imagen 5-20

Similitud de color.

La imagen 5-20 muestra un arreglo de filas y columnas de una forma en repetición de tamaño; se agrupan las formas coloreadas de gris en un conjunto, y en otro las coloreadas de negro. La organización por filas, columnas o diagonales se pierde, así mismo se pueden percibir dos cuadrados, uno de color negro y el otro de color gris. La imagen siendo plana nos evoca cierta profundidad en la región gris.

En la imagen 5-21, la organización que persiste es la similitud de forma, color y tamaño.

En la imagen 5-22 se muestra unas formas que cambian gradualmente en una transición; los elementos visuales como el tamaño, el color y la textura son similares; sin embargo, la agrupación se da por pareamiento de formas adyacentes.

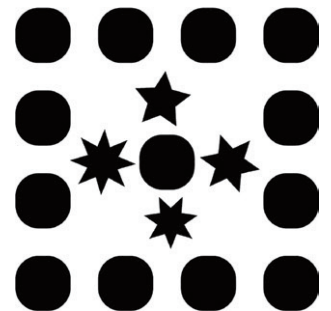


Imagen 5-21

Similitud de forma.

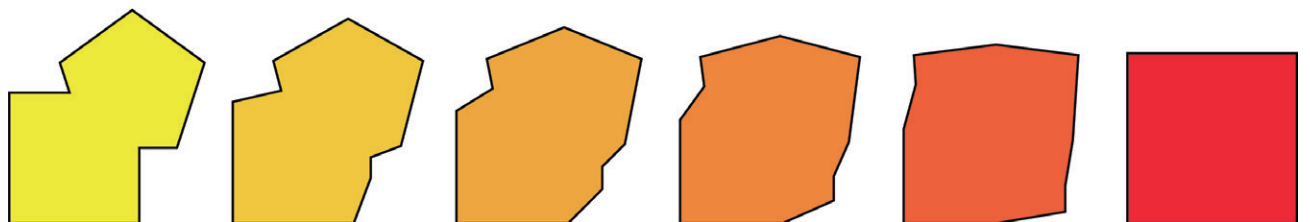


Imagen 5-22 Similitud de formas adyacentes. Nota. Imágenes 5-19A a 5-22., Ilustración, 2020. Guevara Terranova Laura Valeria.

Destino común

El agrupamiento por destino común es <<la tendencia de percibir como entidades unitarias a aquellos elementos que se mueven juntos o en la misma dirección>> (Llorente, 2017, p. 78).

Por el principio de pregnancia, se tiene la tendencia de atribuir una dirección a las formas que se perciben, esto se puede hacer con base en el concepto de lateralidad, es decir, que se puede asumir que una forma se dirige hacia arriba, abajo, delante, atrás, izquierda, derecha, arriba-derecha, delante-abajo, atrás-derecha-abajo, y muchas otras posibilidades determinadas por el rumbo y la pendiente del vector que determina la dirección del artefacto. Entonces la organización por destino común es la agrupación de formas que se dirigen a un sector que se determina por coordenadas del sitio de llegada, bien sea en el plano o en el espacio.



Imagen 5-23

Agrupación por destino común.

Nota. Ilustración, 2020.
Guevara Terranova Laura Valeria.

En la imagen 5-23, por el principio de destino común, se pueden percibir dos conjuntos: uno que se dirige a la izquierda y hacia arriba, y otro que se dirige a la derecha y hacia abajo. Lo que realmente determina la dirección son las aristas que forman un vértice en un extremo de cada forma, aunque las que se muestran en la imagen no están en repetición, pero sí en similitud; adicionalmente, se observa que el distanciamiento entre cada forma aumenta de longitud directamente proporcional con la reducción del área de cada una. Nótese que la disminución gradual del tamaño de cada forma permite percibir cierta profundidad de un arreglo de formas que son planas.

Simetría

Se agrupan por pares las formas que tienen simetría bilateral. La simetría bilateral está presente en las formas naturales, por ejemplo, el cuerpo humano tiene un eje de simetría sagital que lo divide en dos regiones: izquierda y derecha, siendo cada una el reflejo de la otra. La forma izquierda no es la misma que la derecha.

Cuando se tiene un estímulo visual de formas que tienen simetría bilateral, la pregnancia nos lleva a percibir las como un conjunto, lo que no sucede cuando se perciben formas totalmente simétricas.

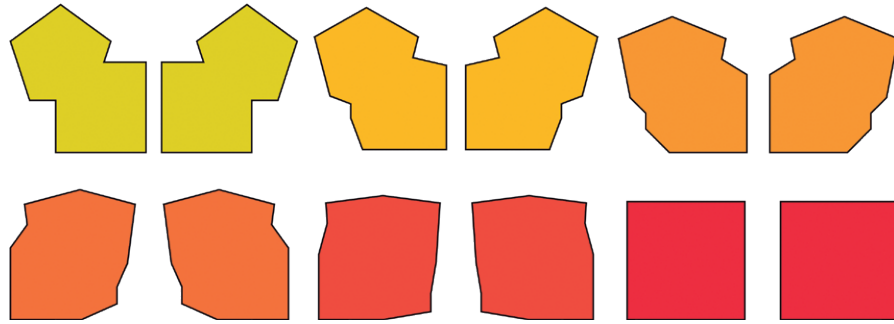


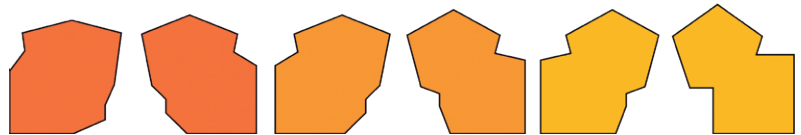
Imagen 5-24 Agrupamiento por simetría bilateral.

Nota. Ilustración, 2020. Guevara Terranova Laura Valeria.

En la imagen 5-24 se percibe un grupo de formas con similitud. Se pueden organizar por pares las formas adyacentes que tienen simetría bilateral (a manera de supermódulos); es más complicado percibir pares de formas adyacentes que tienen similitud, aunque su distribución en el plano es simétrica. También es posible formar conjuntos de cuatro formas, reuniendo las simétricas de la fila superior con las simétricas de la fila inferior. Nótese que predomina el agrupamiento por simetría bilateral, aunque el distanciamiento sea el mismo.

Imagen 5-25

Agrupamiento por similitud de forma y repetición de color.



Nota. Ilustración, 2020. Guevara Terranova Laura Valeria.

Este principio de agrupación por simetría se muestra en la figura 5-2. Tal principio se refuerza por el tratamiento de las superficies de las formas, en las que se repiten los elementos visuales como el color y la textura, pero las formas distribuidas simétricamente, no son las mismas; tienen similitud formal.

Imagen 5-26

Múltiples agrupamientos por simetría.

Nota. Ilustración, 2020. Guevara Terranova Laura Valeria.



En la imagen 5-26 se pueden percibir múltiples conjuntos pares por simetría bilateral, la organización depende de la pregnancia que realice el observador del estímulo visual.

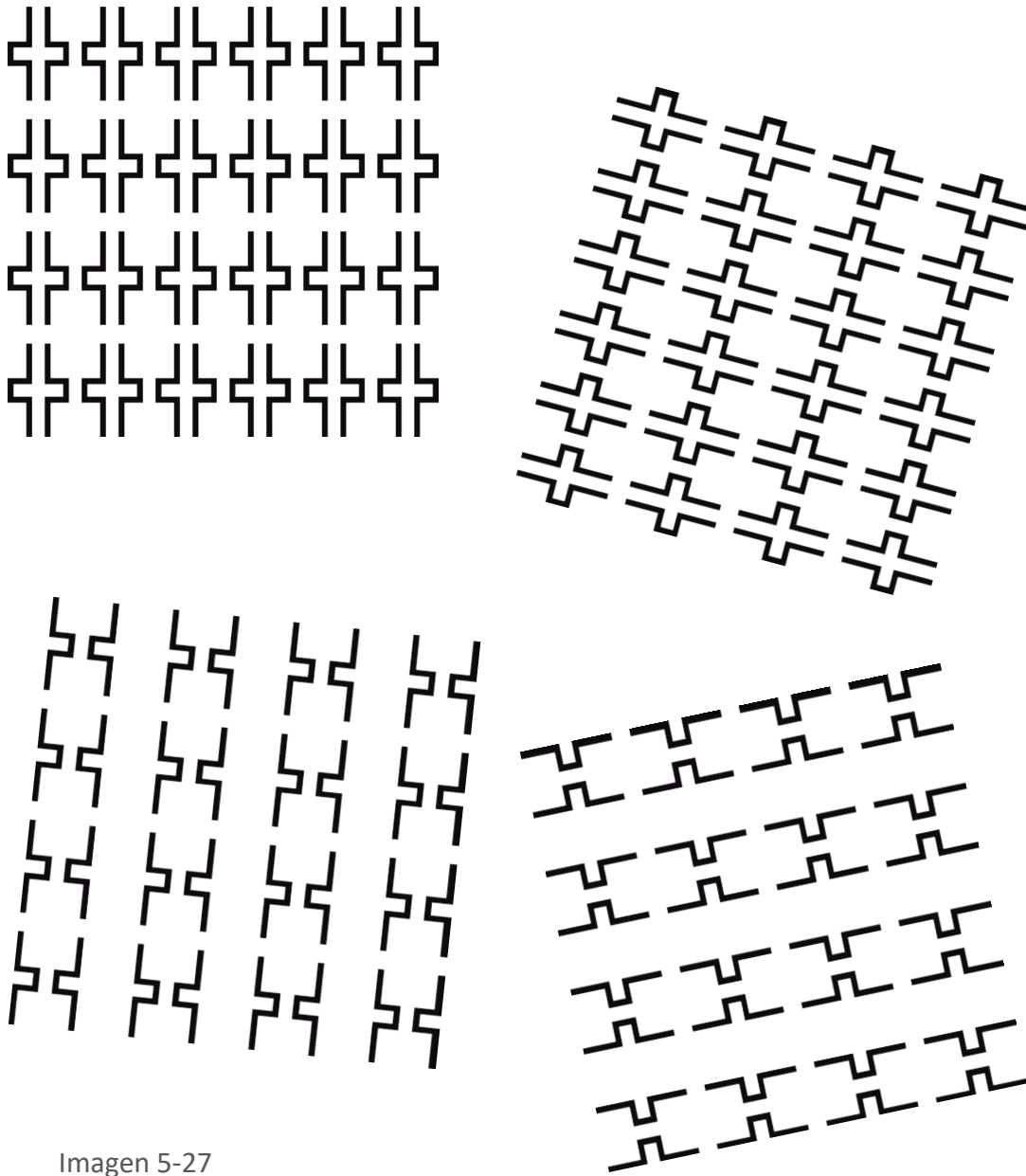


Imagen 5-27

Variaciones de percepción por simetría.

Nota. Ilustración, 2020.

Guevara Terranova Laura Valeria.

En la imagen 5-27 se muestra una composición en el plano con una forma que se repite con ritmo simple. Las formas se pueden percibir de muchas maneras por el principio de pareamiento simétrico, esto demuestra que la percepción no está en el estímulo visual, sino en la conciencia del individuo que observa. Si la misma composición se gira algunos grados, la percepción cambia drásticamente.

La distribución de retículas planas o tridimensionales es una variable crítica para la configuración de artefactos de diseño industrial, pues, si el usuario se enfrenta a estímulos visuales que lo conducen a interpretaciones ambiguas o diversas, puede tomar decisiones equivocadas por una deficiente interfaz.

Cierre

La formas cerradas se perciben más estables, es por esta razón que, ante un estímulo visual con formas abiertas, se tiene la tendencia de cerrarlas, es decir, mentalmente se agregan los elementos faltantes para cerrar las formas y percibir las lo más simple posible.

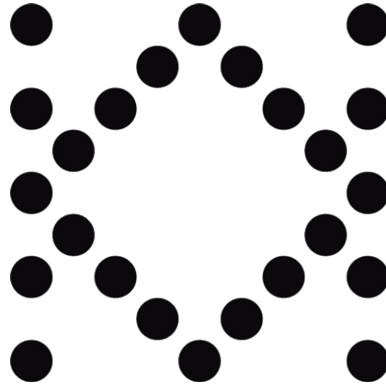


Imagen 5-28

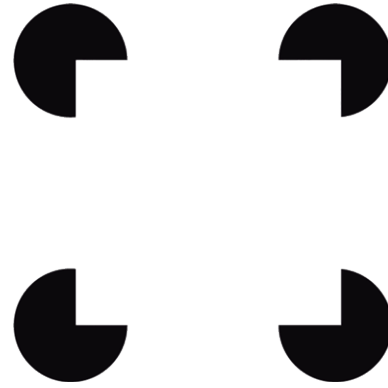


Imagen 5-29

En la imagen 5-28 se puede percibir los puntos con distanciamiento y continuidad como un rombo enmarcado en dos líneas verticales; también es posible observar una letra W colocada encima de una letra M, o bien como una K con su reflejo en un eje vertical, pero lo que predomina es el efecto de cierre y la forma de rombo prevalece sobre las otras opciones.

En la imagen 5-29, por efecto del principio de cierre, es posible observar un cuadrado de color blanco superpuesto sobre cuatro círculos de color negro, aunque en realidad son cuatro formas circulares a las que se les realizó una sustracción en un cuarto del área y luego se reflejaron en simetría bilateral por la diagonal del cuadrado imaginario.

En la imagen 5-30 es posible percibir tres círculos en tercer plano, en segundo plano un triángulo blanco con bordes negros y en primer plano un triángulo de color blanco superpuesto sobre los círculos y el otro triángulo; aunque realmente no hay ni círculos ni triángulos completos.

La organización depende de la pregnancia que realice el observador del estímulo visual, predominando la más simple y cerrada.

La imagen 5-31 muestra el logo de Carrefour, en el que se puede percibir la letra C de color blanco, aunque realmente no existe, lo que realmente existe son las formas adyacentes de color rojo y azul.

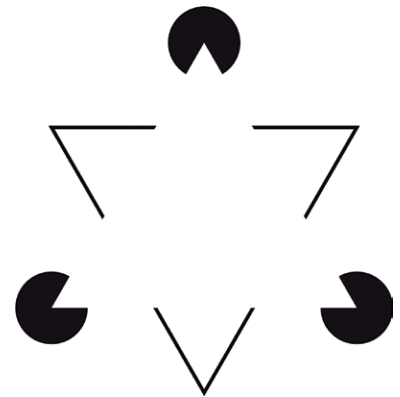


Imagen 5-30

Nota. Imágenes 5-28 a 5-30, Ilustración, 2020. Guevara Terranova Laura Valeria.

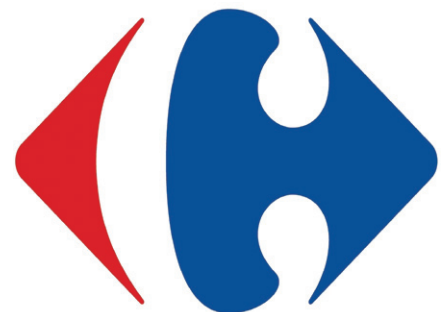


Imagen 5-31

Logo de Carrefour.

Nota. Adaptado de Carrefour, 2020, <https://www.free-largeimages.com/carrefour-logo-5148/>

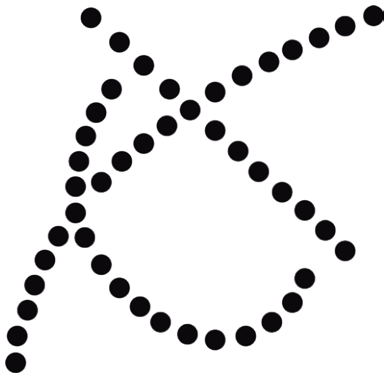


Imagen 5-32

Continuidad.

Nota. Ilustración, 2020. Guevara Terranova Laura Valeria.

Continuidad

Las formas que parecen seguir la misma dirección (una línea recta o curva sencilla) tienden a agruparse. Cuando los elementos están en movimiento se dice que los que se mueven en conjunto tienen un destino común. Una variante de ley de continuidad afirma que las formas que se mueven juntas tienden a agruparse. A veces a esto se le conoce como la ley del movimiento común.

En la imagen 5-32 se aprecia el efecto de continuidad. Los puntos tienen cierta separación, pero se tiende a percibir una forma general continua. Los puntos forman líneas curvas continuas, a veces la continuidad se pierde y se observan líneas con cambios de dirección.

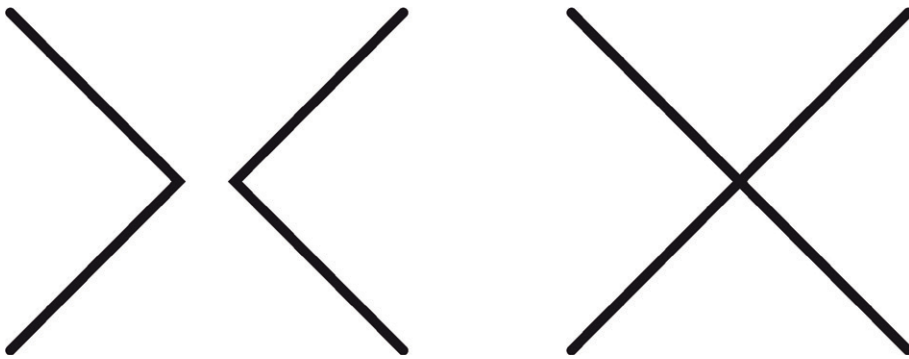


Imagen 5-33

Continuidad y distanciamiento.

Nota. Ilustración, 2020. Guevara Terranova Laura Valeria.

Llorente (2017, p. 79) menciona que el principio de continuidad estipula que: <<Cuando dos elementos se encuentran, se tiende a agrupar la parte inicial de un elemento con la final del otro, si estas muestran una continuidad de dirección y sentido>>. Este principio también se conoce como colinearidad.

La imagen 5-33 muestra en la parte izquierda dos formas angulares con un distanciamiento y reflexión especular; en la parte derecha el distanciamiento se eliminó y las formas se tocan en un punto, ahora ya no se perciben dos formas angulares, se tiende a percibir dos líneas rectas que se cortan en un punto, o dos líneas que se cruzan, o que una línea está superpuesta sobre la otra. Sin embargo, si no existiesen las formas previas de la parte izquierda, entonces percibir dos formas angulares pasa a una segunda opción.

Región común

Este principio afirma que hay la tendencia de agrupar formas en conjuntos a aquellas que se encuentran en la misma área delimitada aunque las formas no sean las mismas.

En la imagen 5-34 se observa un arreglo con distintas formas, algunas de las cuales se han delimitado con una línea negra, logrando con esto una percepción forzada, es decir, que el concepto de agrupación se refuerza por la ubicación intencional de un contorno que rodea a las formas. Los demás principios antes mencionados, como por ejemplo la continuidad, se pierden; es más, en la imagen se observan tres conjuntos: dos que se perciben por el principio de región común y el otro por proximidad.

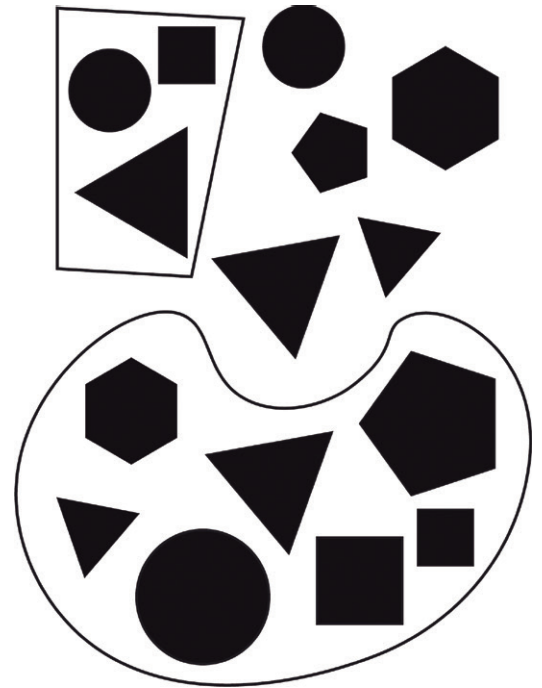


Imagen 5-34
Destino común.

Nota. Ilustración, 2020.
Guevara Terranova Laura Valeria.

Conectividad

Se tiende a percibir formas como integrantes de un conjunto a las que tienen algún elemento conector, como puede ser una línea que las une o que comparten algún borde común.

La imagen 5-35 tiene la misma distribución en el plano de las formas que se muestran en la figura 5-34, sin embargo, en este caso se perciben como conjunto las que tienen un conector como un segmento de línea recta que une formas adyacentes; de esta manera es posible agruparlas, inclusive ver a esas formas con dirección y sentido común, que es reforzado por la continuidad de los segmentos de recta que se perciben como una sola línea con cambios de dirección.

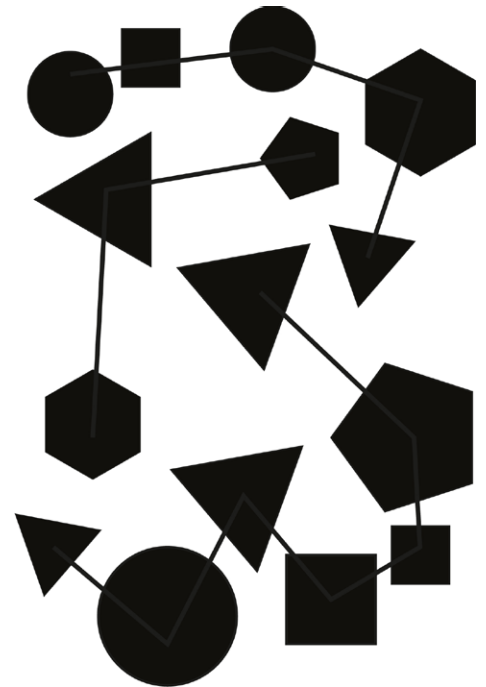


Imagen 5-35
Conectividad.

Nota. Ilustración, 2020.
Guevara Terranova Laura Valeria.

Influencia del contexto

La percepción de la forma tiende a ser influida por las características del entorno o del contexto en el que se ubique. Según Pérez (2012), contexto es un término que deriva del vocablo latino *contextus* y que se refiere a todo aquello que rodea, ya sea física o simbólicamente, a un acontecimiento.

El contexto es uno de los principios fundamentales que se debe considerar en el diseño de la interfaz de un artefacto, pues su influencia puede derivar en errores de interpretación de los usuarios y provocar conflictos en su manipulación. La interfaz de un artefacto debe ser simple, sin ambigüedades y directa, es decir, que muestra la función y la funcionalidad del artefacto.

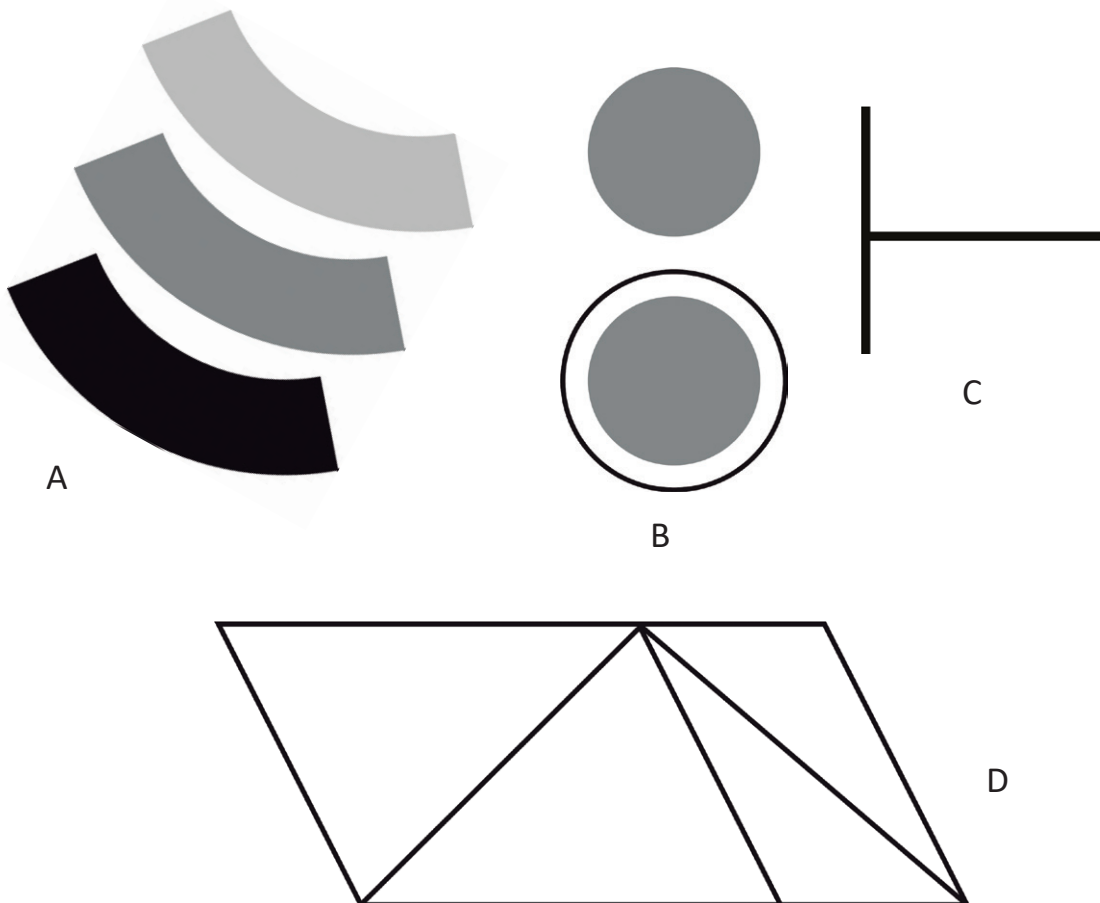


Imagen 5-36 Percepción según contexto. Nota. Ilustración, 2020. Guevara Terranova Laura Valeria.

En la imagen 5-36 se muestran ejemplos de cómo la ubicación de las formas y el contexto pueden variar la percepción: en A, las formas son de igual tamaño, sin embargo, por el tratamiento del color y la orientación, se perciben de tamaños distintos; en B, los círculos de color gris son iguales, pero uno se percibe de un color y tamaño distinto, también se puede percibir un aro de color blanco sobre un fondo gris; en C, las dos líneas son de igual longitud y calibre, se percibe la horizontal como de mayor longitud y calibre; en D, las líneas diagonales de las formas romboidales son de igual longitud, aunque no parezca.

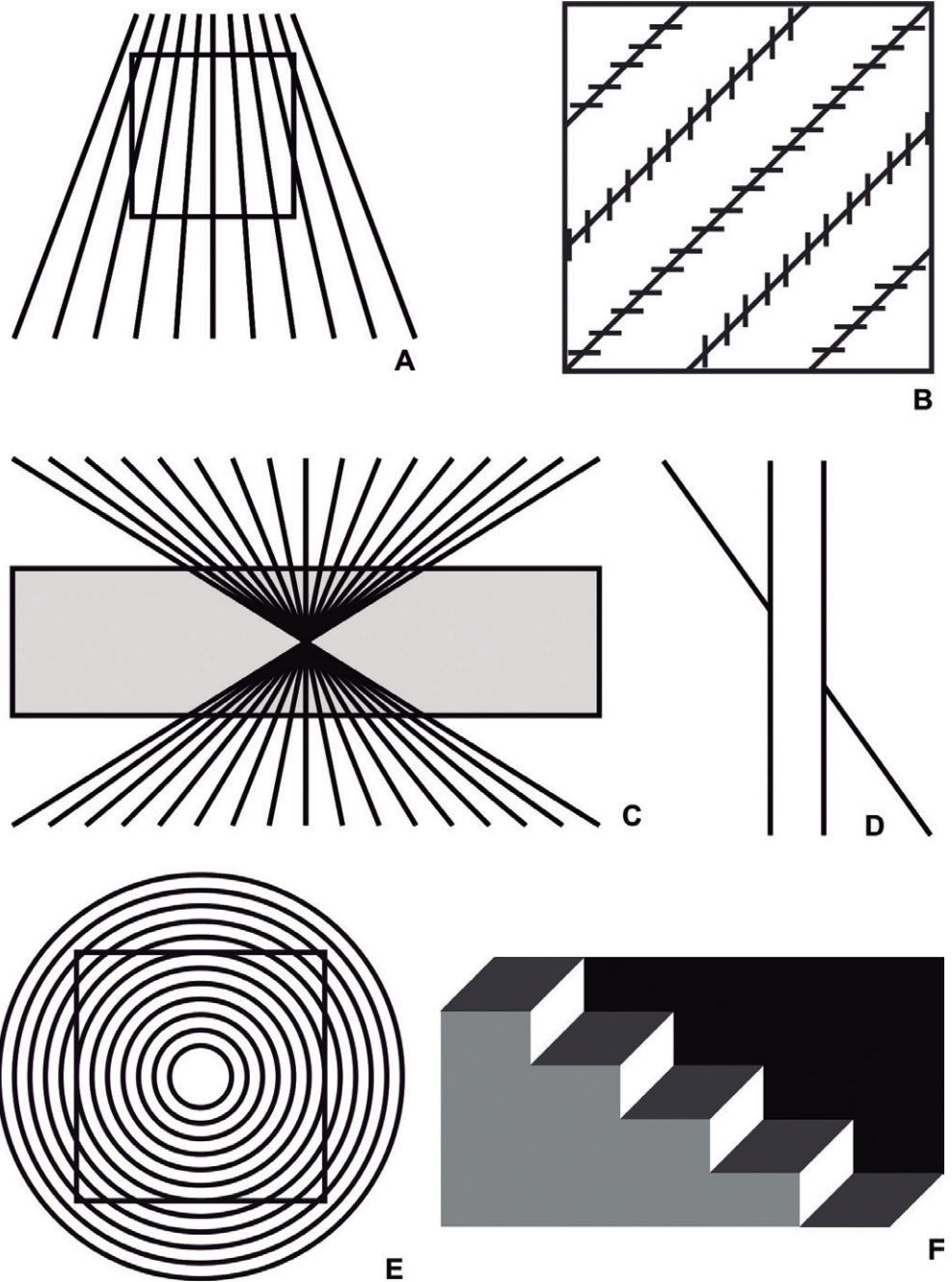


Imagen 5-37 Variaciones de percepción. Nota. Ilustración, 2020. Guevara Terranova Laura Valeria.

Otros ejemplos de percepción según el contexto en que se colocan las formas se aprecian en la imagen 5-37:

En A, la forma del fondo es un cuadrado; en B, las diagonales son paralelas; en C, las líneas del rectángulo son rectas; en D, la línea que parece truncada, o que está detrás de un plano vertical tiene continuidad; en E, hay un cuadrado superpuesto en unos círculos negros en radiación concéntrica, y finalmente en F, dependiendo de la organización perceptual que le demos a la figura, es posible observar escalera vista desde arriba o a veces vista desde abajo.

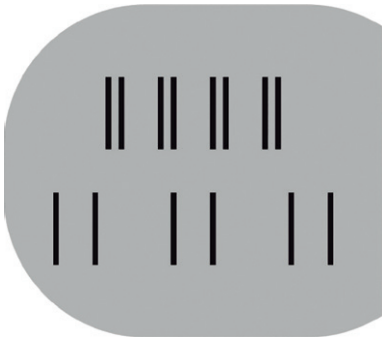


Imagen 5-38

Agrupamientos basados en la ley de proximidad.

Nota. Ilustración, 2020.

Guevara Terranova Laura Valeria.

Las leyes de la teoría *Gestalt* operan para crear las formas más estables, congruentes y sencillas que sea posible dentro de un arreglo visual determinado. A este proceso se lo conoce como ley de *pragnanz* o *pregnancia*, la cual afirma que la organización del arreglo visual en objetos perceptuales siempre será tan buena como lo permitan las condiciones predominantes. En este caso, el significado de bueno abarca conceptos como regularidad, sencillez y simetría.

La *pregnancia* es también una forma de decir que los sistemas perceptuales trabajan para producir un mundo de percepciones que transmite la esencia del mundo real, es decir, organizan la información de los estímulos para percibir un mundo conceptual.

Los principios enunciados por la teoría *Gestalt* demuestran la importancia en el diseño de la interfaz de los artefactos, pues son responsables de algunas ilusiones visuales. Por ejemplo, las distancias entre las partes de un patrón que se organizan en el mismo grupo o figura y toman más importancia que otros grupos que se pueden organizar a partir del estímulo.

En la imagen 5-38 se ilustran estos efectos; en ella se muestran dos agrupamientos que se forman con base en la ley de proximidad. Se perciben pares de líneas tanto en la parte superior como en la parte inferior, pero no se tiene conciencia de que la separación entre cada par de líneas de la parte inferior es igual a la separación que hay entre dos pares de líneas de la parte superior.

En la imagen 5-39, se puede percibir varias opciones, por ejemplo, el arreglo de puntos puede dar una sensación de profundidad en una estructura conformada por filas y columnas; pero también es posible percibir una forma plana en perspectiva. Si se percibe que los puntos se alejan, entonces la estructura se hace profunda.

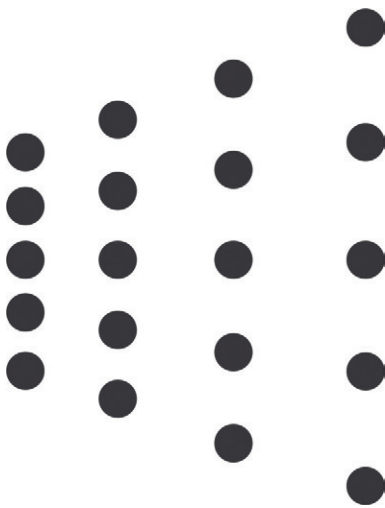


Imagen 5-39

Agrupamientos basados en los principios de la teoría *Gestalt*.

Nota. Ilustración, 2020.

Guevara Terranova Laura Valeria.

Segregación de texturas

Es posible generar formas y figuras mediante cambios en el patrón de estímulos que no sean la intensidad o la longitud de onda. Por ejemplo, los límites de los objetos podrían estar definidos por regiones de la imagen retiniana que solo difieren entre sí en la textura visual. Las texturas visuales son conjuntos de pequeños elementos o formas de contorno que no son distintos en la brillantez o color promedio.

En la imagen 5-40, se observan tres regiones rectangulares con texturas diferentes, obsérvese que en apariencia hay un contorno en los límites de cada región, aunque las formas o módulos que se repiten no tienen contornos definidos. Estos contornos son subjetivos, realmente no están, a estos se los conoce como contornos de textura.

La facilidad con la que es posible construir formas definidas con solo contornos de textura depende de la configuración del estímulo visual y de la percepción del receptor. En realidad, percibir formas por segregación de texturas es lo mismo que sucede cuando agrupamos formas por similitud, y se organizan perceptualmente con base en el principio de urgencia de organización de las formas.

Bondad de las figuras

Según el concepto de pregnancia, se puede afirmar que las figuras con buena forma se perciben cuando en su concepción eurítmica se han utilizado los principios de simetría, ritmo simple y uniformidad; sin embargo, esta afirmación es demasiado imprecisa y limitada. Por ejemplo, ¿es posible determinar si la letra F es distinta de la letra R en términos de buena forma, si ninguna de ellas presenta ritmo simple y simetría? Lo que predomina en su concepción es el equilibrio.

Aznar (2017, p. 143) cita a Hochberg y Brooks, quienes plantearon un modelo para definir la bondad de las figuras en términos de cantidad y complejidad de la información necesaria para percibir las con claridad (en una ilustración) como bidimensionales o tridimensionales:

Cuanto mayor es el número de ángulos que posee la figura, más compleja resulta en 2-D y más probablemente se percibirá como una representación 2-D de un objeto 3-D con apariencia tridimensional.

Cuanto mayor número de ángulos desiguales tenga, es decir, cuanto más asimétrica sea, más fácil resultará percibir la tridimensionalidad aparente.

Cuantas más líneas continuas haya, más discontinuidades existen en la figura y, por tanto, será más fácil de percibir como una figura 3-D.

Concluyen que una imagen plana, entre más compleja, asimétrica y discontinua sea como estímulo visual, con más probabilidad se percibirá que representa a una figura tridimensional que se percibe en perspectiva.



Imagen 5-40
Regiones con texturas diferentes sin contornos en los límites.

Nota. Ilustración, 2020.
Guevara Terranova Laura Valeria.

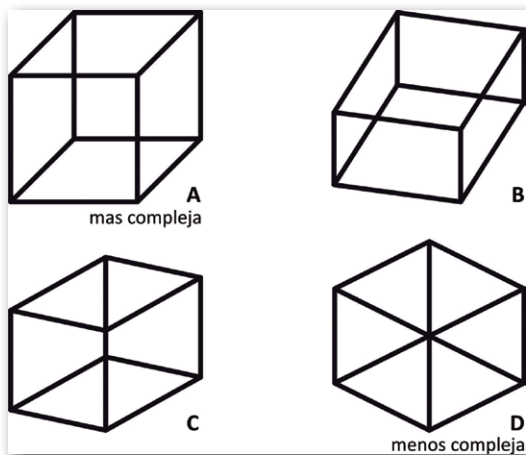


Imagen 5-41
Variación de la complejidad.

Nota. Ilustración, 2020.
Guevara Terranova Laura Valeria.

En la imagen 5-41 se muestran figuras planas que varían de la más compleja a la menos compleja. Las figuras con complejidad baja pueden verse como bidimensionales, por lo tanto la figura D puede verse como un hexágono dividido en triángulos. La figura A se ve tridimensional, ello supone una mayor complejidad de la imagen. Sin embargo, es posible ver un cubo en la figura D, ello supone que se deben observar 24 ángulos (cuatro en cada cara) en vez de los 18 (tres en cada triángulo) que se requieren para ver la figura plana.

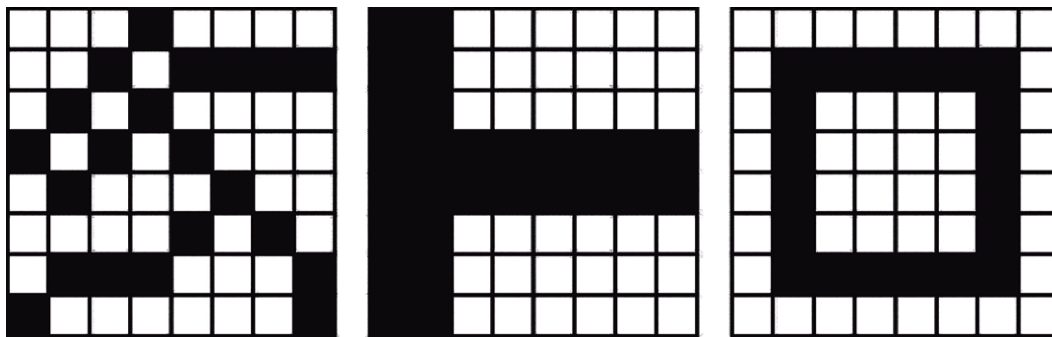


Imagen 5-42
Organización de la complejidad.

Nota. Ilustración, 2020. Guevara Terranova Laura Valeria.

Por lo común, es más probable que la organización con menor complejidad de figura sea la que se perciba en realidad, como si el sistema visual estuviera enfocado a realizar la menor cantidad posible de procesamiento al observar cualquier estímulo.

En la imagen 5-42 se observa una matriz con un arreglo de 64 celdas blancas o negras, organizadas en filas y columnas. Cada celda tiene la posibilidad de dos colores (cualquier color), entonces se dice que tiene un *bit* de información. Para definir la figura presente en este arreglo sin simetría (como una organización aleatoria sin patrón aparente), se necesitan 64 bits de información, pero si el lado superior de la matriz es el reflejo del lado inferior, en lo que se llama patrón verticalmente simétrico, entonces solo se necesitan 32 bits de información, y si la matriz se ordena en un patrón de simetría vertical, horizontal y diagonal, entonces se necesitan 16 bits de información. Esto significa que las figuras que siguen este patrón son las menos complejas y tienen menor cantidad de información.

Debido a que, por lo general, las buenas figuras son simétricas y regulares, ahora podemos afirmar que también tienen menor información, esto significa, por lo tanto, que es más fácil recordarlas y reconocerlas. Los agrupamientos de características lineales sencillas (los que forman figuras buenas, cerradas o con patrones simétricos de poca información) son más fáciles de reconocer que los que se componen de las mismas características pero en un arreglo distinto.

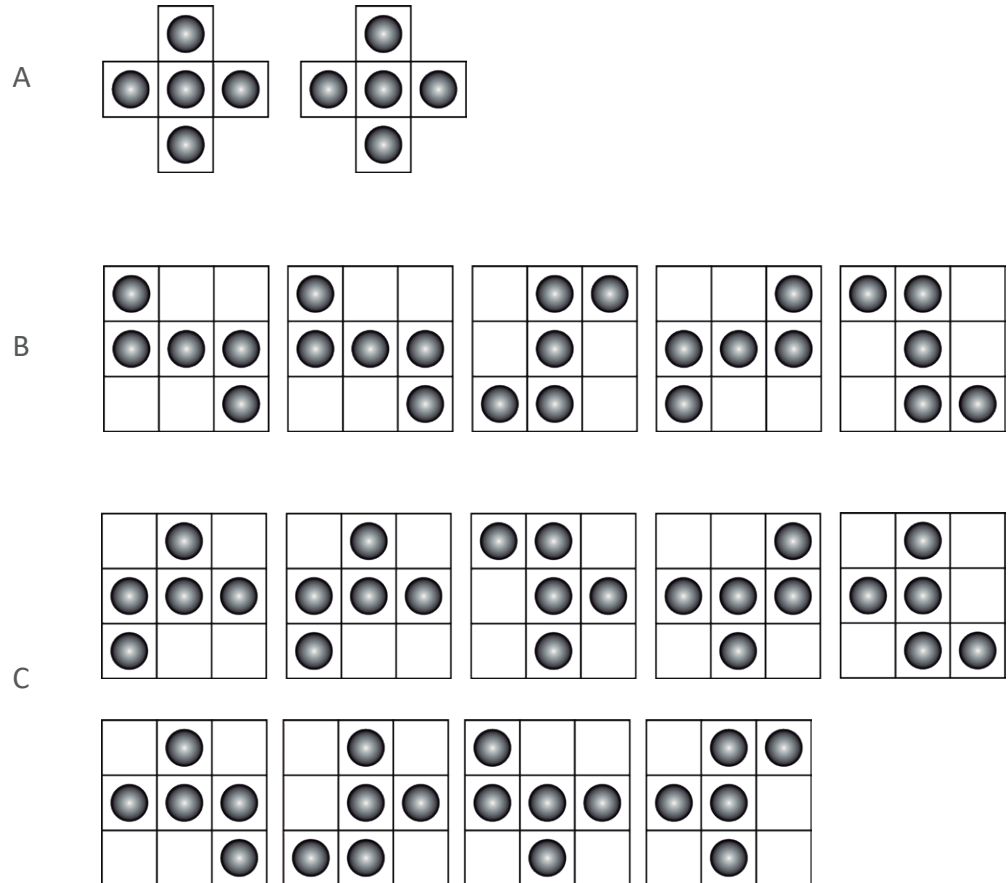


Imagen 5-43 Variaciones propuestas por Garner. Nota. Ilustración, 2020. Guevara Terranova Laura Valeria.

Garner planteó un modelo sobre la bondad de las figuras, definiendo de manera diferente la cantidad de información en un patrón: la cantidad de información de una figura depende del número de posibles variaciones que se pueden obtener de una figura mediante rotación y reflexión. Si es menor la cantidad de variaciones, entonces la figura tendrá menor información.

La imagen 5-43 representa un conjunto de patrones posibles para tres diseños diferentes de puntos.

Es claro que según esta definición la mejor figura es la A y la peor es la C. Debido a que la figura A es única, es la menos informativa con respecto al conjunto de opciones, en contraste con la figura C, que tiene ocho variaciones posibles mediante rotación y reflexión. Cuanto más pequeño es el conjunto de variaciones de una figura, el observador tiende a juzgar la figura como buena.

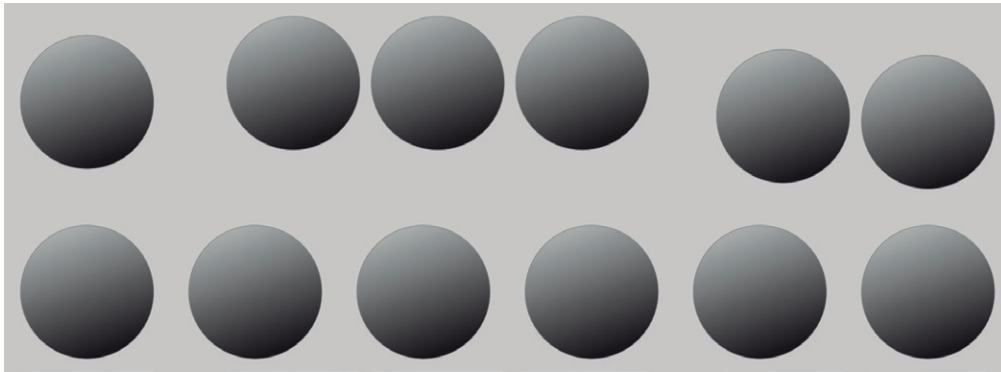


Imagen 5-44 Principio de la holografía. Nota. Ilustración, 2020. Guevara Terranova Laura Valeria.

En la imagen 5-44 se observan dos arreglos de formas:

En la parte inferior se observa un arreglo de menor complejidad en donde la composición se ha propuesto con repetición de forma, tamaño, dirección, elementos visuales y ritmo simple; nótese que el distanciamiento entre cada forma es el mismo, además se han alineado por el extremo inferior.

En la parte superior se observa una composición más compleja con variaciones en el distanciamiento y la alineación de las formas; el tamaño y los elementos visuales se repiten.

Este es un principio interesante de la holografía, mediante el cual es posible percibir imágenes tridimensionales a partir de imágenes planas.

Para percibir el efecto tridimensional, basta con pegar la página del libro a tu nariz y mirar con los párpados entrecerrados hacia el punto central de la composición; luego vas alejando el libro muy lentamente sin desviar la atención, hasta percibir la composición con profundidad.

En el arreglo con menor información, las figuras aparecen en el mismo plano (segundo plano, más lejado de quien observa); en el arreglo con más información, las figuras aparecen en primero, segundo y tercer plano, es decir, a diferentes profundidades.

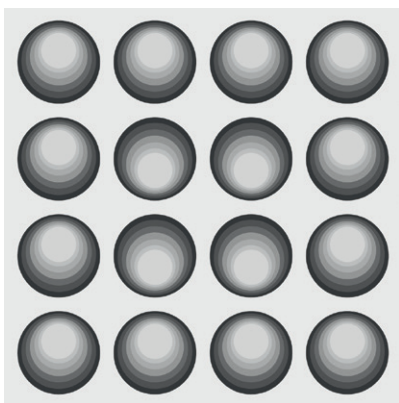


Imagen 5-45

Dualidad de percepción.

Nota. Ilustración, 2020.

Guevara Terranova Laura Valeria.

En la imagen 5-45 se puede apreciar una matriz en la que se ha dispuesto una composición con 16 formas en ritmo alternado; las formas centrales están en reflexión con respecto de las adyacentes superiores o inferiores.

En esta composición también es posible percibir un efecto tridimensional sorprendente (si se sigue el procedimiento descrito).

Unas formas son cóncavas y otras convexas; si se gira 180 grados la página del libro, se puede percibir que las formas que antes se veían cóncavas ahora se ven convexas.



Imagen 5-46

Principio de cierre.

Nota. Adaptado de Jaconsen, 2020, <https://www.disenoyarquitectura.net/2009/08/sillon-egg-de-arne-jacobsen.html>

Silla Huevo. Arne Jacobsen.

La silla es un clásico el diseño, se trata de un sillón de grandes dimensiones creado originariamente en 1958 para el Hotel SAS de Copenhague, su funcionalidad combina la estética con la función.

Por el principio de cierre, es posible percibir la forma ovoide del sillón, lo que le confiere coherencia intraformal por catamorfía; si se observa el reposapiés, también se puede percibir una sección del huevo, lo que confiere al conjunto una correspondencia interformal coherente.



Imagen 5-47

Recipiente para bellotas; se percibe un artefacto completo.

Nota. Adaptado de Calloway. 2020, <https://es.aliexpress.com/i/32831709688.html>



Imagen 5-48

Muleta. *Kelsey Campbell-Dollaghan.*

Detalle de soporte de la parte anterior para el muslo en una muleta.

Nota. Adaptado de Campbell. 2020, <https://es.gizmodo.com/este-brillante-dispositivo-reinventa-por-completo-las-m-1624529013>

Pregnancia y urgencia de organización de las formas.

El artefacto que se muestra en la imagen lo podemos completar en nuestra percepción, y su reconocimiento depende del grado de referencia que se tenga de su función. ¿Cómo podrá ser el resto de la muleta?, ¿o será que es una camilla?



Imagen 5-49

Tobin Dorn.

Suela para calzado FILA.

Nota. Adaptado de Dorn. 2020, <https://www.coroflot.com/tobindorn/FILA-ADVANCED-CONCEPT>

Cuando no se tiene una referencia de escala o de la función del artefacto, o si no se tiene experiencia previa, entonces la pregnancia se obtiene por el principio de urgencia de organización de las formas. ¿Qué evoca la imagen?



Imagen 5-50

Silla Rabbit. Stanislav Katz.

Nota. Adaptado de Rabbit. 2020, <https://www.behance.net/gallery/80417/Rabbit-Chair>

Ley de cierre. El espaldar de la silla se percibe como una elipse completa.



Imagen 5-51

Gento. C. Rameshkanth.

Nota. Adaptado de Gento. 2020, <https://www.yankodesign.com/2010/03/24/eggy-furutistic-wheels/>

Gento es un vehículo monoplaza autoequilibrado.

El diseñador ha tomado como referencia la forma natural del pingüino Gentoo.

La analogía de las patas del pingüino con las ruedas del artefacto no tienen correspondencia formal, pero sí funcional, en ambos casos sirve para desplazamiento lineal en el plano o en una superficie irregular.

El artefacto no se muestra en contexto con la figura humana, lo que hace complicado percibir su funcionalidad y su escala real, en este caso recurrimos al principio de urgencia de organización de las formas y depende de las referencias formales, funcionales o tecnológicas intuir su función.

La forma topológica permite percibir la continuidad y coherencia intraformal.



Imagen 5- 52
Brazo para robot Kuka.

Nota. Adaptado de Kuka. 2020, https://www.trzcacak.rs/imgm/hRJxxio_kuka-robots-franka-emika-panda-gif/

El brazo de un robot Kuka permite posicionar en el espacio, con diferentes grados de libertad, herramientas multitarea.

Debido a su complejidad tecnológica y a que los componentes electrónicos y mecánicos no están a la vista, su función no se intuye a primera vista.

La forma se percibe como una línea curva por el principio de continuidad.

Imagen 5- 53
Logo de Apple.

Nota. Adaptado de Apple. 2020, <https://www.searchpng.com/2019/01/17/apple-logo-png-free-dow/>

En el logotipo de Apple, por el principio de ley de cierre se percibe la manzana completa.





Imagen 5- 54
Artefacto cerámico.

Nota. Adaptado de Freepng. 2020, <https://www.freepng.es/png-4w0hyn/download.html>

El estímulo es una cosa y la percepción es otra; la imagen 5-54 muestra un artefacto cerámico que a primera vista no se reconoce, entonces se acude al principio de urgencia de organización de las formas y se compara el estímulo visual con alguna imagen almacenada en nuestra memoria, luego de varios intentos, se percibe un jarrón, lo que pasa es que la imagen está invertida.

Referencias y fuentes bibliográficas

- Alberich, J., Gómez, D., & Ferrer, A. (2014). *Percepción visual*. España: Universitat Oberta de Catalunya.
- Consuegra, D. (1992). *En busca del cuadrado*. Ediciones Universidad Nacional de Colombia.
- Corey, A. (2018). *Significados ocultos en logotipos famosos*. Inhibición neural lateral. <https://fact5.net/5-hidden-meanings-in-famous-logos/>
- Dacarett, F. (15 de febrero de 2016). *Ilusión óptica de Herman*. Dr. Francisco Dacarett. <https://dacarett.com/ilusion-optica-de-hermann-o-ilusion-de-cuadrícula/>
- DeConceptos.com (2019). *Concepto de fuentes luminosas*. Recuperado el 13 de noviembre de 2019 de <https://deconceptos.com/tecnología/fuentes-luminosas>
- Dziekonski, M. (2003). *La inteligencia espacial* [Archivo PDF]. Revista Arteoficio. <http://www.revistas.usach.cl/ojs/index.php/arteficio/article/view/812>
- Iluminet. (2019). *¿Qué es la reflectancia?* Recuperado el 13 de noviembre de 2019 de <https://www.iluminet.com/luz-iluminacion-reflectancia/>
- Llorente Fernández M. R. y Carriera A. W. (2017). Recursos para el manejo de la forma: Antecedentes y estudios cognitivos contemporáneos. *Arquitectura y Urbanismo*, 38(2), 74-82.
- Llorente Fernández, M. R., Fernández Ferreras, A. y Álvarez González, M. Á. (2016). Enfoques contemporáneos de la Teoría Gestalt. Clásicos y nuevos principios de agrupamiento perceptivo. *Revista de la Universidad Cubana de Diseño*, 4, 98-110. <http://a3manos.isdi.co.cu/docs/articulos/4-1-7.pdf>
- Martín, Á. y De la Rosa, C. R. (2011). *Manual práctico de psicoterapia Gestalt*. Desclée de Brouwer. <http://bibliotecaparaalapersona-epimeleia.com/greenstone/collect/libros1/index/assoc/HASH01f9.dir/doc.pdf>
- Muñoz Collado, S. (2019). *Cómo se produce la percepción visual*. PsicoActiva. Recuperado el 13 de noviembre de 2019 de <https://www.psicoactiva.com/blog/la-percepcion-visual/>
- Oviedo, G. (2004). La definición del concepto de percepción en psicología con base en la teoría Gestalt. *Revista de Estudios Sociales*, 18, 89-96. <https://revistas.uniandes.edu.co/doi/pdf/10.7440/res18.2004.08>
- Palmer, S. E., & Beck, D. M. (2007). The repetition discrimination task: An objective method for studying perceptual grouping. *Perception & Psychophysics*, 69, 68-78. <https://doi.org/10.3758/BF03194454>
- Pérez Porto, J. y Gardey, A. (2020). *Definición de contexto*. Definicion.de. Recuperado el 1 abril de 2020 de <https://definicion.de/contexto>
- Pérez Porto, J. y Merino, M. (2012). *Definición de figura*. Definicion.de. Recuperado el 17 de noviembre de 2019 de <https://definicion.de/figura/>
- Pérez Porto, J. y Gardey, A. (2008). *Definición de percepción*. Definición.de. Recuperado el 13 de noviembre de 2019 de <https://definicion.de/percepcion/>
- REAL ACADEMIA ESPAÑOLA: *Diccionario de la lengua española*, 23.ª ed., [versión 23.5 en línea]. <<https://dle.rae.es>> [Consultado 1 abril de 2020].
- TheFreeDictionary. (2019). *Definición de reflectancia*. Recuperado el 13 de noviembre de 2019 de <https://es.thefreedictionary.com/reflectancia>
- Uriarte, J. M. (8 de julio de 2019). *Visión humana*. Características.co. Recuperado el 13 de noviembre de 2019 de <https://www.caracteristicas.co/vision/#ixzz65C68axKa>
- Wagemans, J., Elder, J. H., Kubovy, M., Palmer, S. E., Peterson, M. A., Singh M., & Von der Heydt, R. (2012). A century of Gestalt psychology in visual perception: I. Perceptual grouping and figure-ground organization. *Psychological Bulletin*, 138(6), 1172-1217. doi: 10.1037/a0029333
- Wong, E. y Weisstein, N. (1985). Una nueva ilusión visual: los campos parpadeantes se localizan en un plano de profundidad detrás de los campos no parpadeantes. *Percepción*, 14(1), 13-17. <https://doi.org/10.1068/p140013>





Capítulo

6

Escala
Dimensión entera
Fractalidad
Cuarta dimensión

Imagen 6.0.

Nota. Crecimiento exponencial, Fotografía, 2020. Guevara Terranova Laura Valeria.



En el proceso proyectual de configuración artefactual, la escala y las dimensiones permiten visualizar al artefacto, bien sea en su tamaño real o también de forma ampliada o reducida.

En la proyección ortogonal, que se usa en geometría descriptiva, se muestran dos dimensiones del artefacto, como la altura con la profundidad, la anchura con la altura y la anchura con la profundidad; en una vista topográfica con curvas de nivel, se puede percibir un artefacto tridimensional que se ha representado en una superficie plana, al estilo cartográfico.

ESCALA

La escala se refiere a la relación que existe entre el tamaño real de un artefacto con su representación gráfica en una superficie plana o su configuración tridimensional en una maqueta, en prototipo formal o en un modelado paramétrico digital.

Cuando un artefacto se ha modelado con su tamaño real, se visualiza en escala natural, o escala 1:1, si su tamaño es el doble del real, se dice que está en una escala de 2:1, en cambio si su tamaño se ha reducido a la mitad del real, se dice que está en una escala de 1:2.

En la imagen 6-1 se muestran tres cuadrados dibujados en tres escalas diferentes. El primer dígito indica el grado de aumento o reducción del objeto con respecto a su tamaño real, que es representado por el segundo, es decir, por cada unidad que representa el primer dígito, corresponde a tantas unidades representadas en el segundo. Si el primer dígito es menor que el segundo, hay reducción de escala, en caso contrario hay ampliación. Si la escala es 1:2, entonces cada unidad representada, corresponde a dos de la realidad; si la escala es 2:1, dos unidades representadas corresponden a una de la realidad; si la escala es 1:1, se muestra la representación del artefacto en su tamaño real.

Guevara (2010) menciona que en diseño bidimensional la escala se utiliza para plantear formas con decrecimiento o crecimiento proporcional a una forma original; una de las estrategias es la reproducción de formas mediante el concepto de similitud, modularidad y repetición. En un diseño una forma se puede repetir conservando un patrón de escala y cambiando su posición y dirección, o simplemente repetir su forma a la misma escala en una agrupación modular homeomórfica.

En la imagen 6-2 se aprecia una composición con homeomorffía, a manera de supermódulo, en la que como recurso eurítmico se ha utilizado la repetición de forma con una gradación de tamaño, evidenciando un crecimiento o decrecimiento escalar.

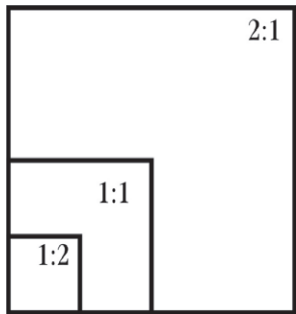


Imagen 6-1

Escala real, reducción y ampliación.

Nota. Ilustración, 2020.

Guevara Terranova Laura Valeria.

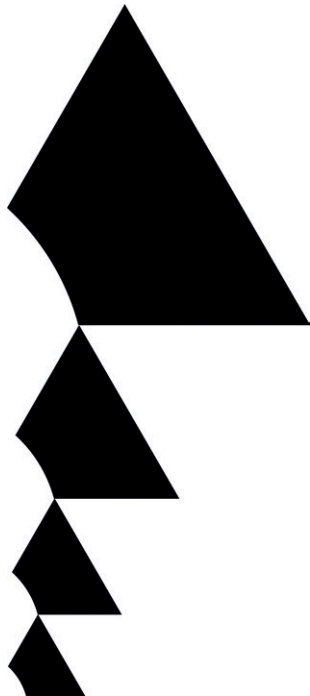


Imagen 6-2

Decrecimiento de formas a escala.

Nota. Ilustración, 2020.

Guevara Terranova Laura Valeria.

La imagen 6-3 muestra unos rectángulos que crecen y se escalan proporcionalmente con base en la diagonal.

En la parte izquierda de la imagen 6-4, se observa una forma que se ha enmarcado o encajonado en un rectángulo, considerando el extremo izquierdo, el extremo derecho, el extremo superior y el extremo inferior, es decir, en un sistema de coordenadas cartesianas X mínimo y máximo y para Y mínimo y máximo; en la parte derecha se observa la misma forma ampliada a escala mediante la diagonal del rectángulo.



Imagen 6-4 Ampliación de escala enmarcando el artefacto.

Nota. Ilustración, 2020. Guevara Terranova Laura Valeria.

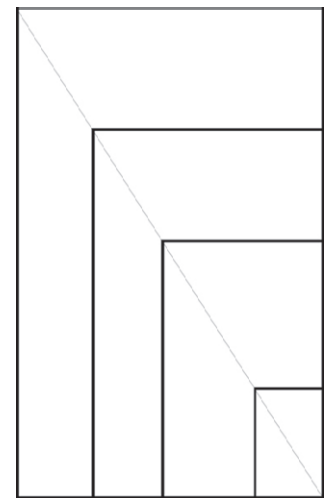


Imagen 6-3

Ampliación y reducción proporcional de un rectángulo por su diagonal.

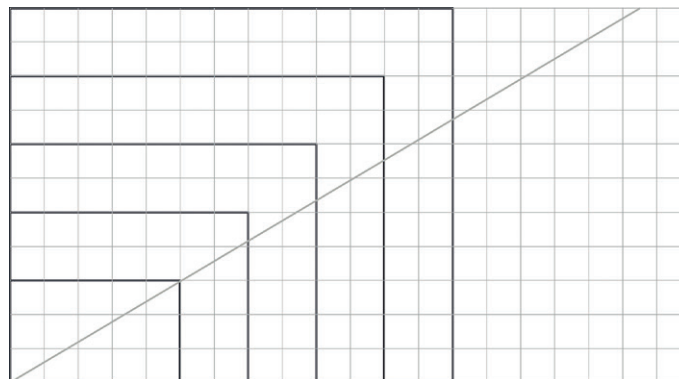


Imagen 6-5

Los rectángulos no están a escala.

Nota. Ilustración, 2020. Guevara Terranova Laura Valeria.

Muchas veces se cae en el error de creer que si el ancho de un rectángulo se amplía en 2 unidades, lo mismo se debe hacer con la altura, es decir, aumentarla en dos unidades; esto dará como resultado un rectángulo que no está en escala y proporción con el rectángulo base.

En la imagen 6-5, se puede observar un rectángulo de 3 unidades de altura por 5 unidades de base, cada rectángulo siguiente se ha aumentado en dos unidades tanto en la altura, como en la anchura; si se traza la diagonal del rectángulo inicial, se observa que al proyectarla no coincide con la diagonal de los otros, se evidencia entonces que su crecimiento no se hizo con un factor de escala proporcional. También es un error dar por sentado que si un artefacto funciona a una escala funcionará igual a otra escala. Esto sucede muchas veces cuando se realizan maquetas a escalas reducidas y luego se construye el artefacto con escala natural, observando que la resistencia de los materiales está sobredimensionada, aunque formalmente sea de alta calidad eurítmica.



Imagen 6-6

Configuración a escala reducida.

Nota. Adaptado de Coches. 2020, <https://www.coches.net/fotos/noticias/el-arte-de-modelar-en-arcilla?f=1078100>

La imagen 6-6 muestra un artefacto configurado a una escala reducida con respecto del diseño en su tamaño real. Los modelos a escala, ya sean paramétricos o en maquetas tridimensionales, son un recurso ampliamente utilizado en diseño industrial, pues permiten un mejor acercamiento a la forma final que se le dará al artefacto, visualizar detalles constructivos y realizar depuraciones con el propósito de optimizar las formas configuradas que se fabricarán en serie.



Imagen 6-7

Un artefacto ergonómico, diseñado con base en la antropometría del usuario.

Nota. Adaptado de Freepng. 2020, <https://www.freepng.es/png-73a0sy/>

Los artefactos se diseñan con base en la escala humana, es decir, que corresponden con los alcances y limitaciones de los seres humanos, considerando factores ergonómicos, biomecánicos y antropométricos, así como también las características morfológicas endomórficas, mesomórficas y ectomórficas de los usuarios.

En la imagen 6-7 se observa un juguete que no corresponde con la escala humana y una silla ergonómica que se adapta a la antropometría y proporciones del somatotipo y edad, permitiendo realizar adaptaciones para mejorar el confort del usuario.

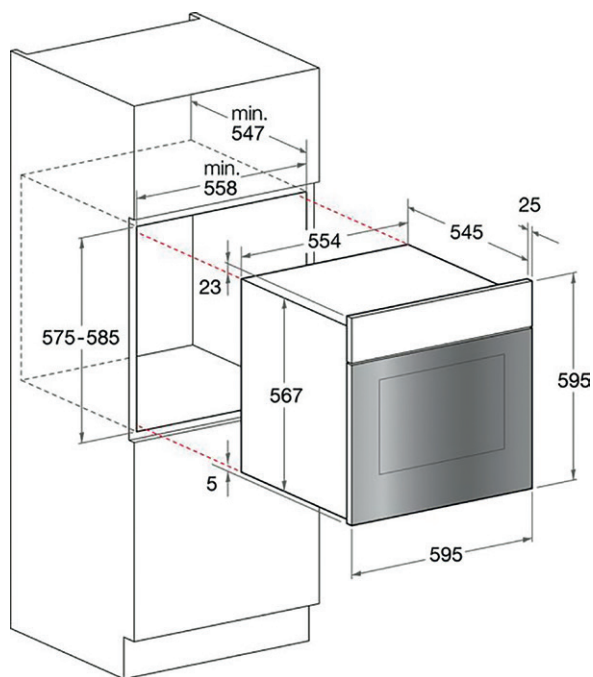


Imagen 6-8

Perspectiva a escala con acotado.

Nota. Adaptado de Pinterest. 2020, <https://www.pinterest.cl/pin/581386633120767073/>

López (2013) menciona que, como resultado de la fase de detalle, se deben elaborar los planos del artefacto con las especificaciones necesarias para su fabricación.

Los planos del artefacto se realizan a escala, consignando detalles constructivos (generalmente a escala ampliada), especificando procesos de fabricación, materiales, acotado con normas técnicas, perspectivas de ensamble y planos independientes de los diferentes componentes del artefacto, muchas veces en escala real.

Mediante *software* paramétrico, es posible modelar los artefactos, con sus diferentes componentes y asignarles un material, para luego ensamblarlos en una simulación análoga al ensamble en físico, así como también renderizar los artefactos con simulación de acabados superficiales; la misma tecnología permite la elaboración de planos y diagramas de despiece y la simulación de resistencia mecánica en situaciones estáticas o dinámicas.



Imagen 6-9

Calzado modelado con *software* paramétrico.

Rhinoceros.

Nota. Ilustración, 2020.

Guevara Terranova Laura Valeria.



Imagen 6-10
Máscara de barro.
Cultura Tumaco.

Nota. Adaptado de Patiño. 2017, <https://artsandculture.google.com/asset/mask-tumaco-la-tolita-culture-department-of-nari%C3%B1o/FQGaqBeX2WQVsQ?hl=es-419>

Patiño (2017) afirma que los estudios de la simbología etnológica de la plástica, la estética, la iconografía y las representaciones escénicas que resultan de las actividades culturales, son importantes para definir el arte de una cultura como expresión del sistema de valores que la rigen. En Tumaco, Tolita, desde la perspectiva del arte plástico, podemos distinguir dos elementos importantes de análisis, ambos se refieren a pensar las ideas iniciales que motivaron a sus artistas para: (1) representar simbólicamente un

hecho, una costumbre o un ritual y (2) realizar obras cuya figura central es la representación humana para plasmar las imágenes de personas (retratos), escenas de la vida real y la cotidianidad (los ciclos de la vida y la condición humana).

La imagen 6-10 muestra un artefacto elaborado por la cultura Tumaco; es una arcilla esculpida a manera de máscara de una osamenta humana que conserva los rasgos naturales, pero no la escala. La máscara tal vez se usaba en un culto mágico religioso o quizás en una conmemoración cosmogónica y carnavalera.

La escala y las proporciones humanas son un referente para la configuración de artefactos con características humanoides, sin embargo, las representaciones no siempre se ajustan a la antropometría, y se convierten en una suerte de caricaturas del humano representado; muchas veces los humanoides han sido configurados con tecnologías de inteligencia artificial, sus mecánicos accionadores y componentes *cyber* electrónicos le permiten realizar tareas como lo hace un ser humano inteligente; pero esos artefactos humanoides realmente no necesitan esa apariencia, pues muchas veces superan en alternativas funcionales al hombre. Estos artefactos humanoides son configurados con semejanza icónica y muchas veces eidética.

En la imagen 6-11 se observa un robot humanoide que no corresponde con la escala ni con la proporciones humanas.

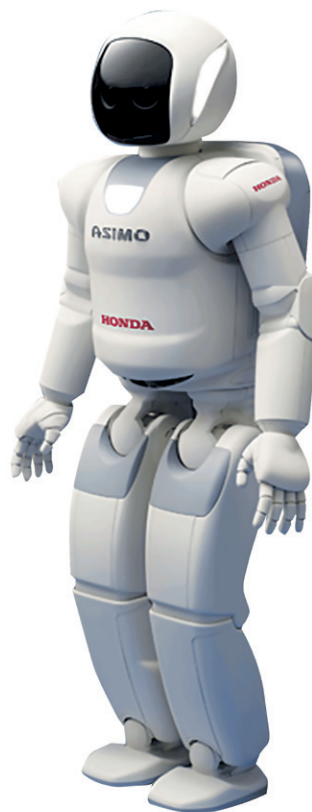


Imagen 6-11 Robot ASIMO.

Nota. Adaptado de Freepng. 2020, <https://www.freepng.es/png-z9h9hp/>

LA DIMENSIÓN

Páez (2018) afirma que, de manera informal, se dice que la dimensión es la forma como se pueden ver las cosas, o el punto de vista como se presenta un determinado fenómeno en un contexto determinado; si se toma de referencia a las enciclopedias, se encuentra el concepto como una de las propiedades del espacio, se usa para definir un volumen necesitando tres medidas (dimensiones): longitud, ancho y alto. En matemáticas y en física se usa un concepto de dimensión más abstracto, a menudo se utilizan espacios con cuatro o incluso con un número infinito de dimensiones. Se habla también que la dimensión se refiere al grado de libertad de movimiento de un objeto en un espacio determinado. Se entiende esta libertad como el número de direcciones ortogonales diferentes que se pueden tomar. De hecho, en la geometría euclidiana las únicas dimensiones posibles son las que corresponden a los números enteros 0, 1, 2 y 3. Otra forma de definir la dimensión es con la cantidad de coordenadas necesarias para determinar un objeto en el espacio, así mismo, se define como el número de direcciones ortogonales diferentes que se puedan tomar. En álgebra lineal, se usa un concepto de dimensión más abstracto como es el número de vectores de la base; a menudo se utilizan espacios con cuatro o incluso con un número infinito de dimensiones.

DIMENSIÓN ENTERA

Según Guevara (2010, p. 109), la geometría euclidiana define las formas básicas como el punto, la línea, el plano y el volumen. El punto es un concepto abstracto que indica posición, su dimensión es cero, sin embargo, es posible definir una dimensión topológica para una línea que tiene dimensión 1 porque cualquier punto puede referirse en ella mediante un número real, positivo o negativo, que indica la posición con respecto a otro punto que puede ser el origen; la línea solamente tiene longitud, no tiene profundidad ni altura.

Para ubicar un punto en un plano se necesitan dos números reales, positivos o negativos, que determinan la altura y la anchura en la que se ubica el punto con respecto a otro que puede ser el origen; un plano tiene dimensión 2, tiene altura y anchura, pero no profundidad.

Para ubicar un punto en un volumen se necesitan tres números reales, positivos o negativos, que determinan la anchura, la altura y la profundidad de la ubicación de un punto con respecto de otro que se toma como referencia y que puede ser el origen de un sistema de coordenadas. Un volumen, por tanto, tiene tres dimensiones.



Imagen 6-12

David Felipe Trejos Ramírez.
El perchero es un volumen
compuesto por líneas y planos.

Nota. Adaptado de Coroflot. 2020, <https://www.coroflot.com/silla/portfolio>

Una definición matemática de la dimensión se basa en el crecimiento de la línea, el plano y el volumen en función de un factor de escala. La expresión matemática que relaciona el crecimiento **C** en función de la escala **E** es:

$$C = E^D$$

donde **D** es la dimensión. Esto significa que el crecimiento aumenta de manera exponencial según la dimensión.

De la expresión anterior se puede despejar la dimensión **D** en función del crecimiento **C** y el factor de escala **E**:

$$D = \text{Log } C / \text{Log } E$$

Obsérvese que para la línea, el plano y el volumen se obtienen dimensiones enteras. Se puede ilustrar de la siguiente manera:

Si a una línea con escala natural se le aplica un factor de escala de 2, entonces su longitud se amplía en 2, es decir, que el crecimiento es el doble del original; esto nos permite aplicar la expresión de la dimensión:

$$D = \text{Log } 2 / \text{Log } 2 = 1 \quad (3/3 = 1)$$

La línea tiene una dimensión entera de 1 (Imagen 6-13)

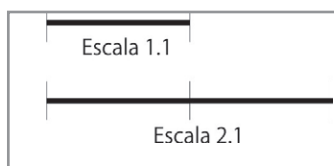


Imagen 6-13

Nota. Ilustración, 2020. Guevara Terranova Laura Valeria.

Si a un cuadrado con escala natural se le aplica un factor de escala de 2, entonces su área crece 4 veces; resolviendo la expresión de la dimensión obtendremos:

$$D = \text{Log } 4 / \text{Log } 2 = 2 \quad (6/3 = 2)$$

Entonces un plano tiene dimensión entera de 2 (Imagen 6-14).

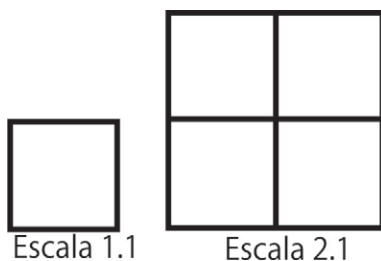


Imagen 6-14

Nota. Ilustración, 2020. Guevara Terranova Laura Valeria.

Si a un cubo con escala natural se le aplica un factor de escala de 2, entonces su volumen crece 8 veces; al aplicar la expresión de la dimensión obtendremos:

$$D = \text{Log } 8 / \text{Log } 2 = 3 \quad (9/3 = 3)$$

Entonces un volumen tiene dimensión entera de 3 (Imagen 6-15).

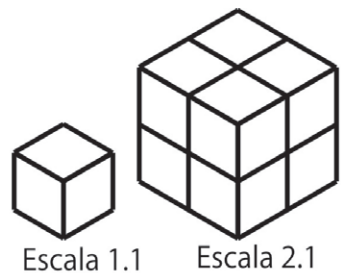


Imagen 6-15

Nota. Ilustración, 2020. Guevara Terranova Laura Valeria.

DIMENSIÓN FRACCIONARIA Y GEOMETRÍA FRACTAL

La geometría euclidiana es la rama de las matemáticas que se encarga de las propiedades y de las mediciones de elementos tales como puntos, líneas, planos y volúmenes.

Sin embargo, las formas encontradas en la naturaleza, como montañas, franjas costeras, circunvoluciones cerebrales, nubes, hojas, árboles, vegetales, copos de nieve, escamas de serpiente y otros, no son fácilmente descritos por la geometría tradicional.

De Spinadel (2002, p. 85) afirma que la geometría fractal es una teoría matemática moderna que se aparta radicalmente de la geometría euclidiana tradicional, describe objetos geométricos que son autosemejantes o simétricos en escala. Esto significa que, cuando se amplifican tales objetos, sus partes guardan una semejanza exacta con el todo, prolongándose la similitud con las partes de las partes, y así hasta el infinito. Los fractales, que es el nombre que se les da a estos objetos, carecen de simetría traslatoria, esto es, carecen de la suavidad asociada con líneas, planos y esferas euclidianas. En cambio, mantienen en cualquier escala un contorno rugoso y mellado.



Imagen 6-16

Forma fractal natural.

Nota. Adaptado de Blogger, 2020. [http://photos1.blogger.com/blogger/4343/1958/1600/fotos%20angel%20\(8\).jpg](http://photos1.blogger.com/blogger/4343/1958/1600/fotos%20angel%20(8).jpg)

Satre (2004) afirma: «Se puede decir que la geometría fractal es el lenguaje de la naturaleza. A base de repetir instrucciones sencillas (contraer, estirar, eliminar, plegar...), se generan formas y estructuras complejas».



Imagen 6-17

Forma fractal natural. Vista satelital de una cadena montañosa.

Nota. Adaptado de Blogger, 2020, [http://photos1.blogger.com/blogger/4343/1958/1600/fotos%20angel%20\(14\).jpg](http://photos1.blogger.com/blogger/4343/1958/1600/fotos%20angel%20(14).jpg)

Mandelbrot (1982) observó que este tipo de estructuras presentaban características similares al ser ampliadas o reducidas de escala, además de una especie de fraccionamiento que les daba una apariencia quebradiza, pero luego descubrió que su dimensión es fraccionaria y no entera, es decir, algo que puede ser más que una línea pero menos que un plano, o algo que puede ser más que un plano pero menos que un volumen. Mandelbrot, tratando de explicar este fascinante descubrimiento, no encontró en el diccionario o en los conceptos de la geometría tradicional un término que agrupara estas formas, ante lo cual, y en función de su apariencia, decidió llamarlas fractales.

Guevara (2010, p. 112) manifiesta que una forma es considerada fractal cuando cumple con tres atributos: el primero es la autosimilitud, es decir, que una parte de la forma puede repetirse en el todo; el segundo es la invarianza de escala, es decir, que las proporciones y la similitud se mantienen bien sea ampliando o reduciendo la forma a cualquier escala, y el tercero es la dimensión fraccionaria.

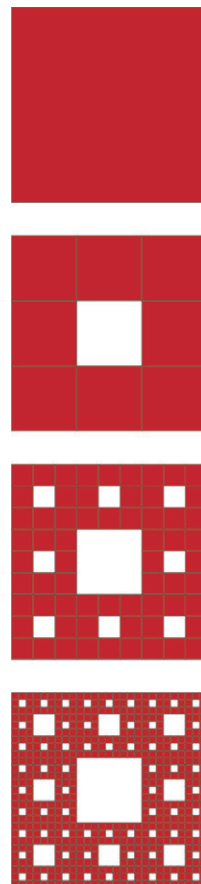


Imagen 6-18

Alfombra de *Sierpinski*.

Nota. Ilustración, 2020.
Guevara Terranova Laura Valeria.

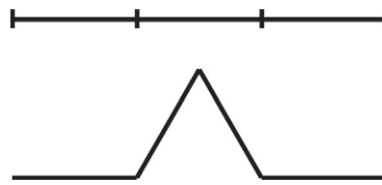


Imagen 6-19

Curva de Koch.

Nota. Ilustración, 2020.

Guevara Terranova Laura Valeria.

Lo expuesto por Mandelbrot y Guevara se puede ilustrar con el ejemplo de fractal que se conoce como la curva de Koch (Imagen 6-19). Esta curva se genera a partir de un segmento de recta que se divide en tres partes iguales, es decir, tiene una escala de tres, que luego se convierte en cuatro segmentos iguales, es decir, su crecimiento es de cuatro.

Aplicando la expresión de la dimensión referenciada anteriormente, se concluye que la curva de Koch tiene una dimensión fraccionaria de 1,261, es decir, es una forma que es más que una línea, pero menos que un plano:

$$D = \text{Log } C / \text{Log } E$$

$$D = \text{Log } 4 / \text{Log } 3 = 1.261\dots$$

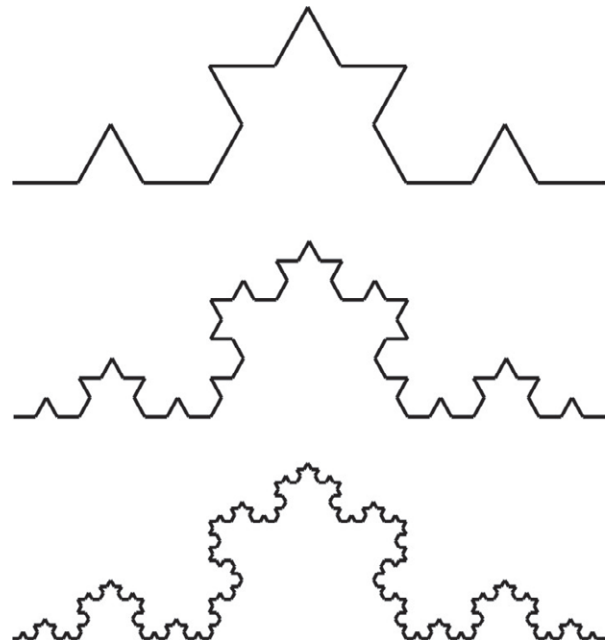


Imagen 6-20

Fractal basado en la curva de Koch.

Nota. Ilustración, 2020.

Guevara Terranova Laura Valeria.

Ahora, si en cada segmento de la curva de Koch resultante, se realiza el mismo procedimiento y se mide la longitud de la línea, entonces se observa que la curva ha crecido hasta una longitud 12 veces mayor. Si a esta línea resultante se itera en cada segmento el mismo algoritmo, entonces se obtendrá una línea quebrada de una longitud 48 veces la original; si se realiza este procedimiento hasta el infinito, se obtiene como resultado una curva que tendrá una longitud infinita en la cual se puede observar que la forma se conserva a cualquier escala, y que la línea completa es idéntica a una parte; estos dos conceptos se conocen como invarianza de escala y autosimilitud (Imagen 6-20).

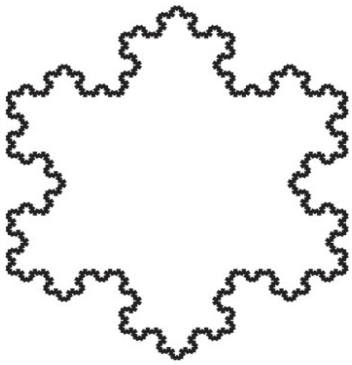


Imagen 6-21

Si se ubica, en radiación concéntrica, tres curvas de Koch, con una rotación de 60 grados, se obtiene una forma parecida a un copo de nieve.

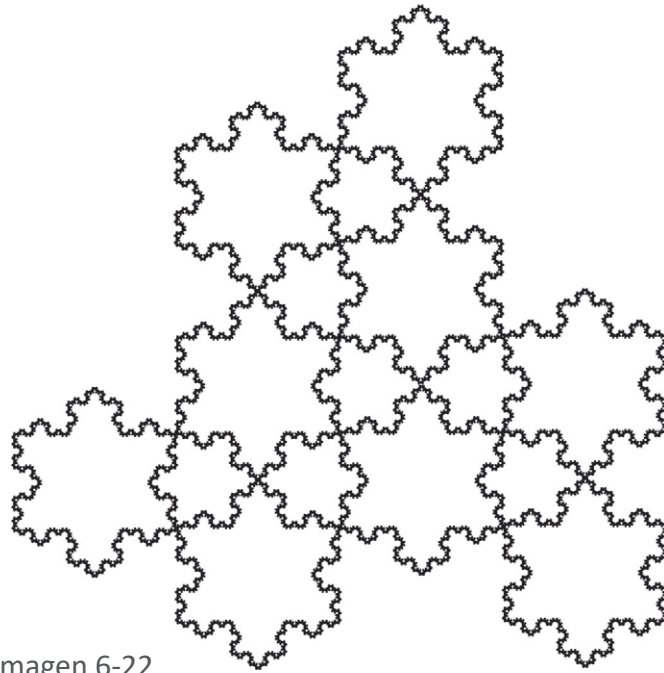


Imagen 6-22

La imagen 6-22 muestra una composición iterativa con la forma copo de nieve, que se ha emplazado con radiación concéntrica, lo interesante es que también se obtienen formas de copo de nieve que se logran percibir por la ley de cierre.

Otro fractal famoso es el que se conoce como el triángulo de Sierpinski (Imagen 6-23), que consiste en que a un triángulo inicial se le sustrae una área triangular equivalente a una cuarta parte del total y que se ubica en el centro; con esto se forman tres nuevas áreas triangulares a las cuales hay que realizar el mismo procedimiento. Hay que observar que si esto se realiza de manera iterativa hasta el infinito, se obtendrá un triángulo con una área que tiende a cero. En el ejemplo de la ilustración, a un triángulo de color negro se le ha sustraído una forma triangular que se representa con color blanco, al avanzar recurrentemente con este proceso, se obtiene al final una forma triangular de color blanco.

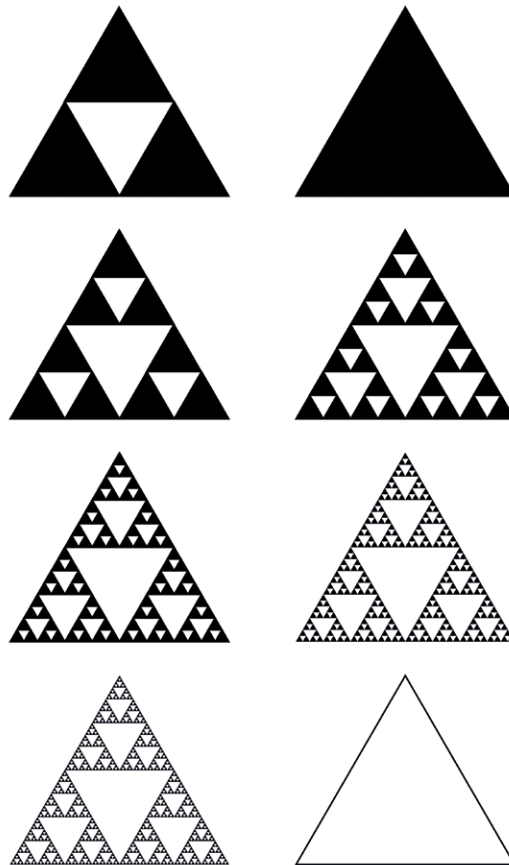


Imagen 6-23

Triángulo de Sierpinski.

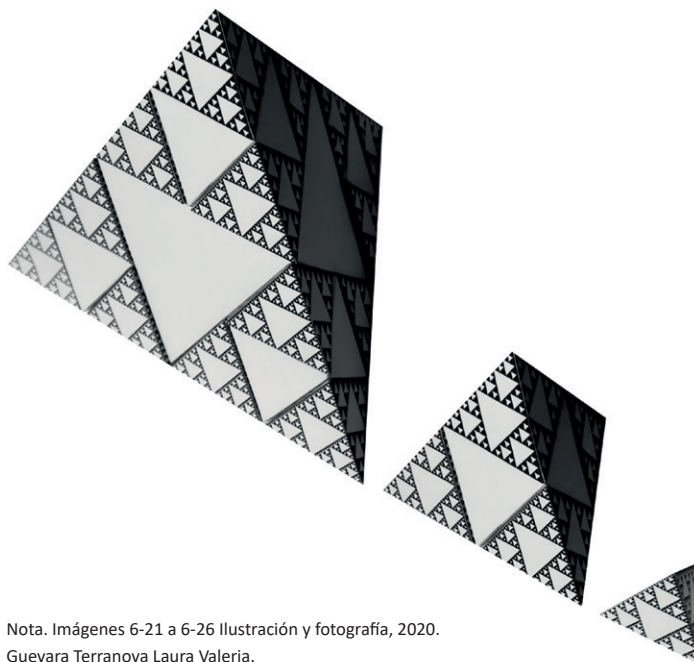
La dimensión del triángulo de Sierpinski es de 1,58496 y se calcula de la siguiente manera: si se dobla el lado de un triángulo de Sierpinski, se obtendrá otro triángulo de Sierpinski que contiene a su vez tres triángulos de Sierpinski de igual tamaño que el primero, entonces, aplicando la expresión para la dimensión, tendremos:

$$D = \text{Log } 3 / \text{Log } 2 = 1,58496$$

Mediante agrupación de módulos con diferentes etapas del triángulo de Sierpinski es posible crear formas globales que también conservan las características de cualquier forma fractal.

La composición que se muestra en la imagen 6-24, se observa el desarrollo en plano de un tetraedro; en cada faceta se han realizado diferentes iteraciones del triángulo fractal de Sierpinski.

En la ilustración de la imagen 6-25 se muestra el desarrollo en plano de un octaedro, que se puede configurar tridimensionalmente; en esta forma plana y tridimensional, se podrá observar la evolución de la estructura fractal del triángulo de Sierpinski. Al aplicarle el algoritmo del triángulo de Sierpinski a la forma triangular de color negro (eliminar una forma triangular equivalente a un cuarto del área total), avanza hasta convertirse en una forma triangular de color blanco (que representa el vacío).



Nota. Imágenes 6-21 a 6-26 Ilustración y fotografía, 2020.
Guevara Terranova Laura Valeria.

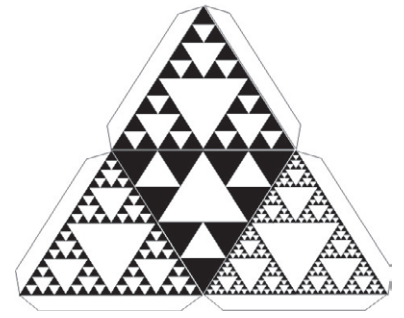


Imagen 6-24
Desarrollo en plano de un tetraedro, usando triángulos de *Sierpinski*.

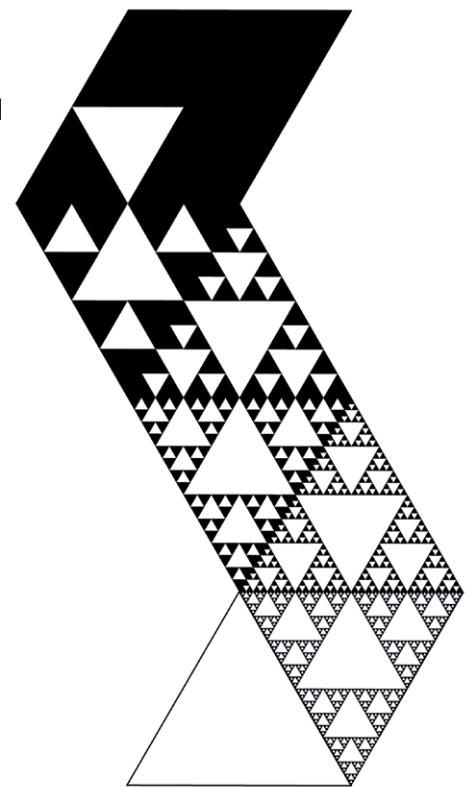


Imagen 6-25
Desarrollo de un octaedro en el que se observa la evolución de la estructura fractal del triángulo de *Sierpinski*.

Imagen 6-26

Triángulos de *Sierpinski* configurados como tetraedros.



El conjunto de Cantor (Imagen 6-27) tiene una dimensión fraccionaria de 0,63093 y se construye de la siguiente manera: a una recta se la divide en tres partes iguales y se elimina el segmento central; el mismo algoritmo se aplica a cada segmento resultante. Obsérvese que los segmentos de recta decrecen de manera paulatina hasta convertirse en líneas tan pequeñas que tienden a punto, es por esta razón que a este fractal también se lo conoce como “polvo de Cantor”.

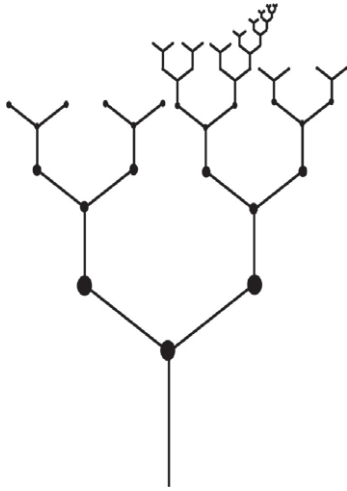


Imagen 6-28

Árbol fractal.

Nota. Ilustración, 2020.

Guevara Terranova Laura Valeria.

El fractal de la imagen 6-28 se ha construido tomando como referencia el crecimiento de un árbol a partir de un tronco central; en un extremo se realiza una bifurcación y se colocan dos troncos más pequeños, el proceso se realiza luego de manera iterativa hasta el infinito.

Construir una forma fractal es relativamente fácil, basta con definir las reglas de producción eurítmicas o las variables con que se va a componer y luego realizar un proceso de iteración; proceso que consiste en repetir un conjunto de operaciones hasta lograr un resultado concreto.

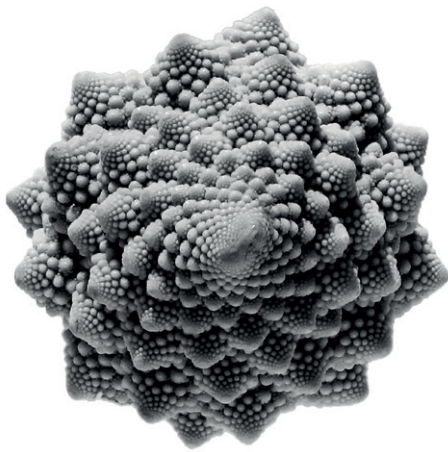


Imagen 6-30

Fractal natural. *Romanesco*. Coliflor.

Nota. Adaptado de 123rf, 2020, https://es.123rf.com/photo_12710905_raro-especial-el-br%C3%B3coli-romanesco-br%C3%B3coli-col.html



Imagen 6-29

Fractal. *Escher Maurits Cornelius*.

Nota. Adaptado de Escher, 2020, <https://www.podrozepoeuropie.pl/mc-escher-muzeum-i-tworczosc/>

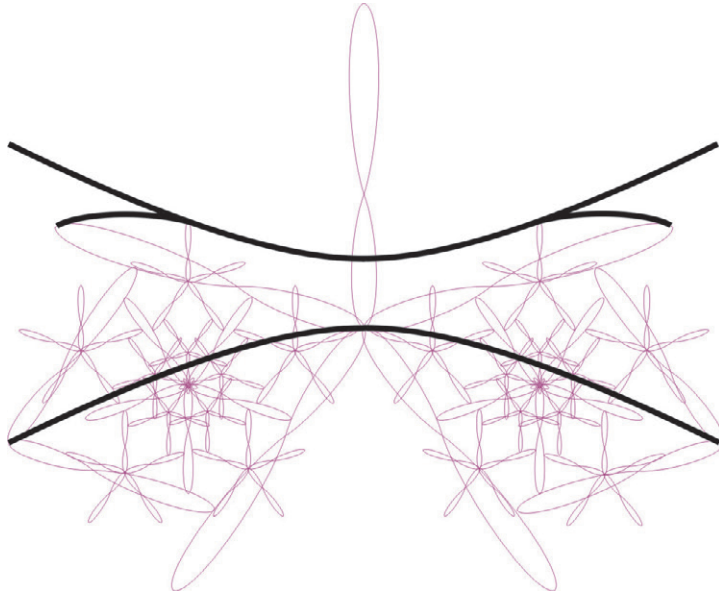


Imagen 6-31
Construcción de un puente con formas fractales.

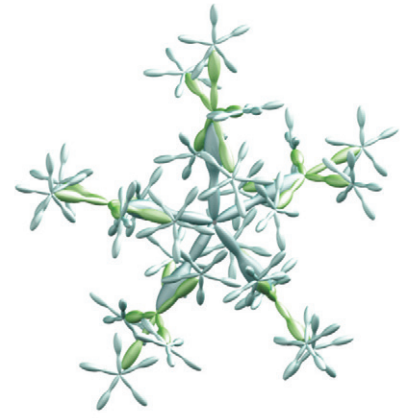


Imagen 6-32
Propuesta fractal en 3D basado en la flor de hortensia.
María Irene Sarmiento.

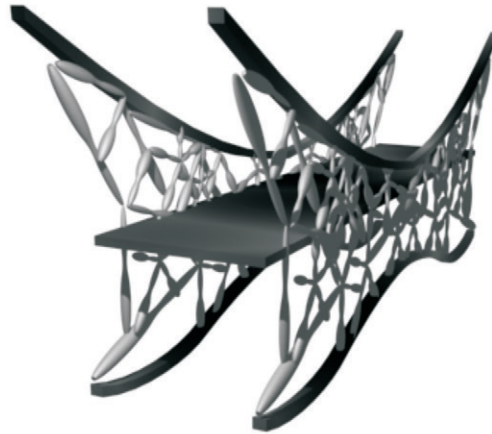
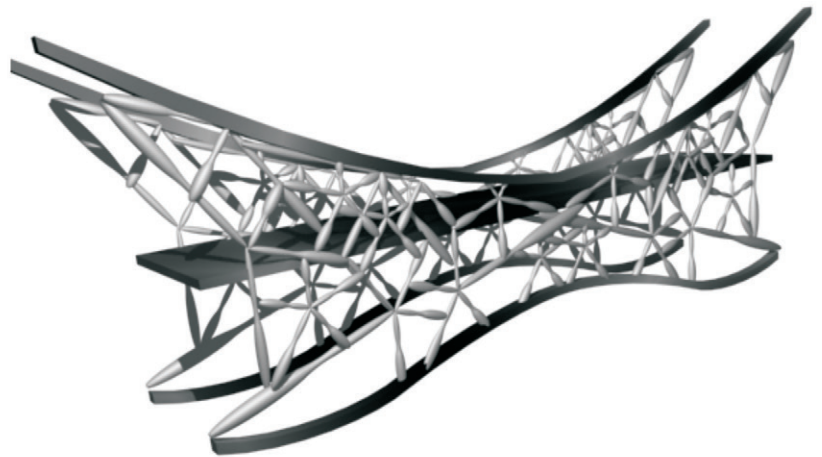


Imagen 6-33
Conociendo la forma básica de un puente, se ordenan los módulos hasta obtener una figura bidimensional cercana a la forma deseada, que posteriormente es trabajada en tres dimensiones.
María Irene Sarmiento.



Nota. Imágenes 6-31 a 6-33. Ilustración, 2020. María Irene Sarmiento.

LA CUARTA DIMENSIÓN

Para los físicos, la cuarta dimensión está representada por el tiempo, en el mundo de las matemáticas ese concepto tiene una connotación muy distinta. La geometría euclidiana prevé una o más dimensiones por encima del mundo tridimensional en forma de teoría matemática. Esto es, aparte de las tres dimensiones conocidas (altura, anchura y profundidad), se supone como mínimo otra dimensión más, la cuarta en discordia, que cumpliría perfectamente las propiedades cartesianas, es decir, sería perpendicular a las otras tres y partiría de un origen de coordenadas común.

Es complicado imaginar cómo sería el mundo en 4D, porque percibimos un universo de solo tres dimensiones. Si se parte de un sistema de coordenadas en el espacio 3D, tenemos un eje X que representa la anchura, un eje Y que es la altura y un eje Z que representa la profundidad. La cuarta dimensión vendría simbolizada por un hipotético eje W que sería perpendicular a X, Y y Z. Algo que con nuestra mente es imposible comprender porque pensamos y vemos en tres dimensiones. Pero ello no quiere decir que no exista una cuarta dimensión, sino simplemente que no podemos verla.

La cuarta dimensión se conoce como tesseracto o hipercubo, este término fue propuesto y utilizado por primera vez en 1888 por un matemático inglés, Charles Howard Hinton.

Un tesseracto es una extensión tetradimensional del cubo tridimensional, por analogía, se puede afirmar que el tesseracto guarda una correspondencia con el cubo así como el cubo la guarda con el cuadrado. En el cubo se distribuyen, en tres dimensiones, seis celdas bidimensionales de forma cuadrada; en el tesseracto se ubican, en cuatro dimensiones, ocho estructuras cúbicas tridimensionales. En la configuración del tesseracto se pueden considerar 8 celdas cúbicas, 24 caras cuadradas, 32 aristas y 16 vértices.

Es complicado comprender la fractalidad y mucho más la tetradimensionalidad, sin embargo, en diseño nos interesamos más en los principios de configuración y la euritmia de estos artefactos, y retomamos la autosimilitud, es decir, que la parte es idéntica al todo, y la invarianza de escala, que es la gradación con un factor de escala, en otras palabras es la disminución de tamaño con repetición de forma con un ritmo constante.

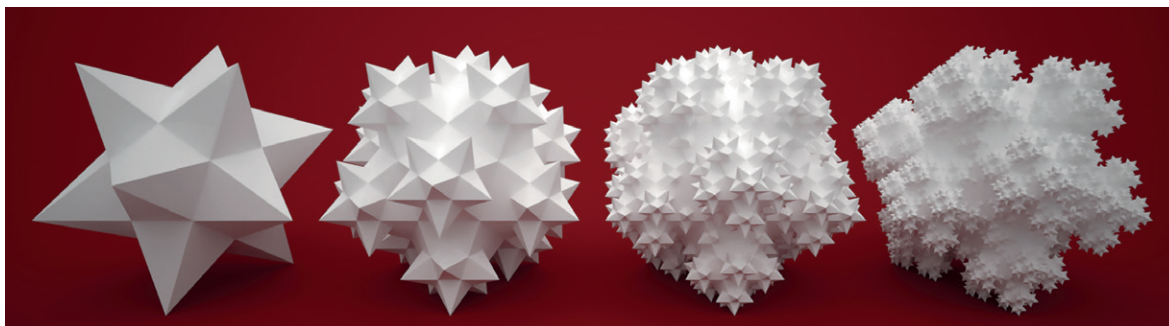


Imagen 6-34 Pequeño dodecaedro estrellado, con múltiples iteraciones en sus caras poligonales, acercándose a un fractal con autosimilitud.

Nota. Adaptado de Deviantart, 2020, <https://www.deviantart.com/usere35/art/Small-Stellated-Dodecahedron-Fractal-283456678>

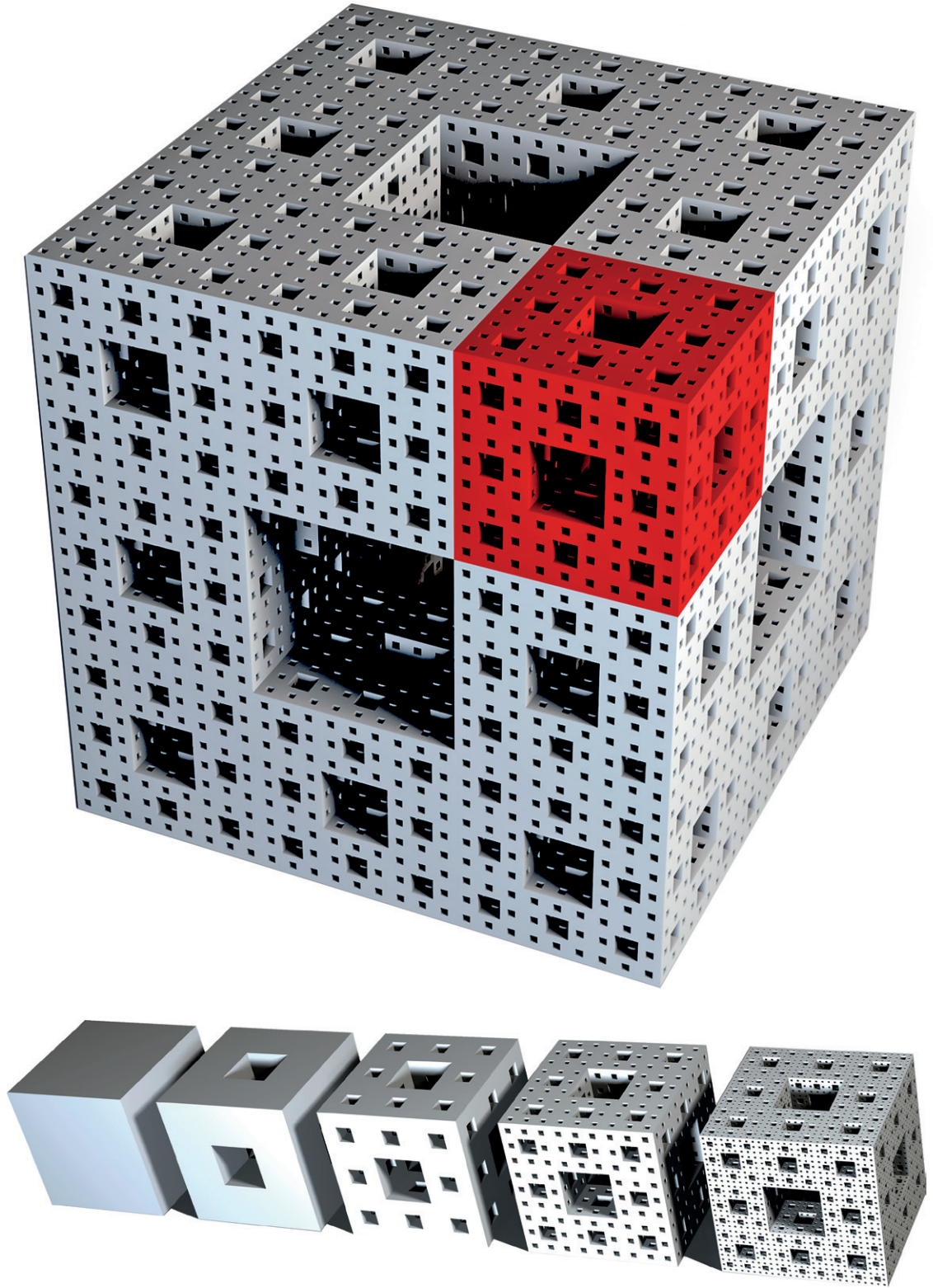


Imagen 6-35 Esponja de Menger.
Forma fractal por la iteración del submódulo de color rojo.
Nota. Adaptado de Wikipedia, 2020, <https://es.m.wikipedia.org/wiki/Archivo:Menger-Schwamm.png>



Imagen 6-36

Teseracto.
Representación de la cuarta dimensión.

Nota. Adaptado de Facebook, 2020, <https://www.facebook.com/Teseractosistemas/photos/552383311926217>

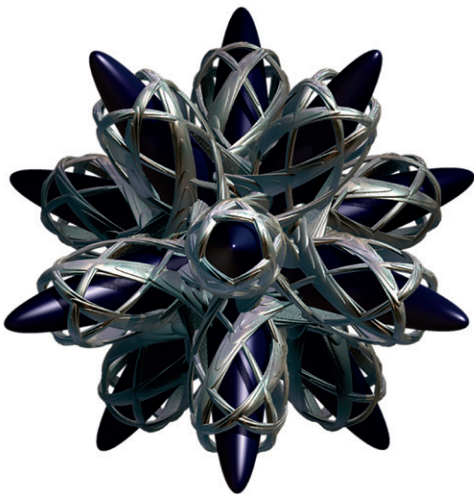


Imagen 6-37

Fractal, Royaltyfree, Universo Alternativo
Forma con aproximación a la fractalidad.

Nota. Adaptado de Escher, 2020, <https://www.freepng.es/png-fv3ni6/>

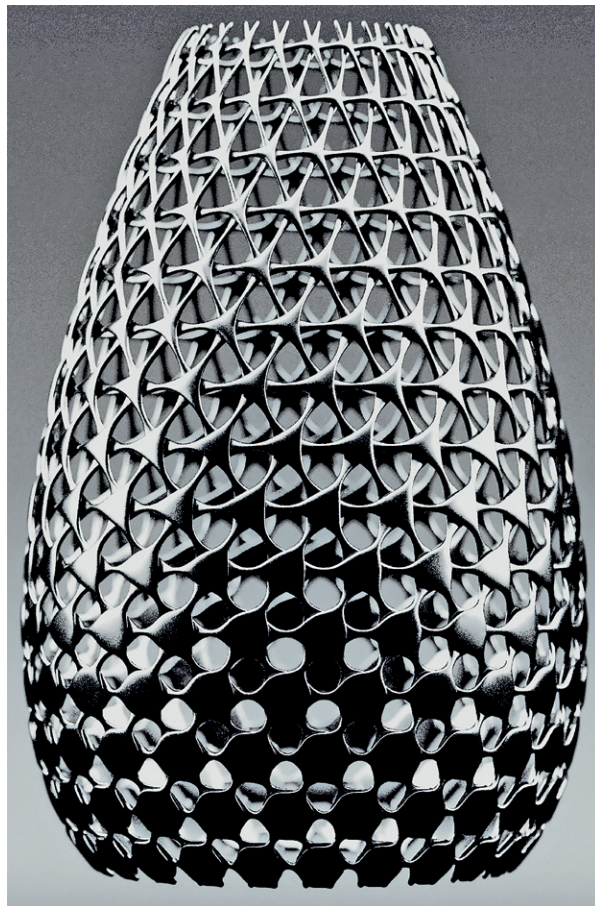


Imagen 6-38

Diseño paramétrico con repetición y transición de forma.

Nota. Adaptado de Escher, 2020, <https://www.behance.net/gallery/55909757/3D-Parametric-Pattern-Design-1>

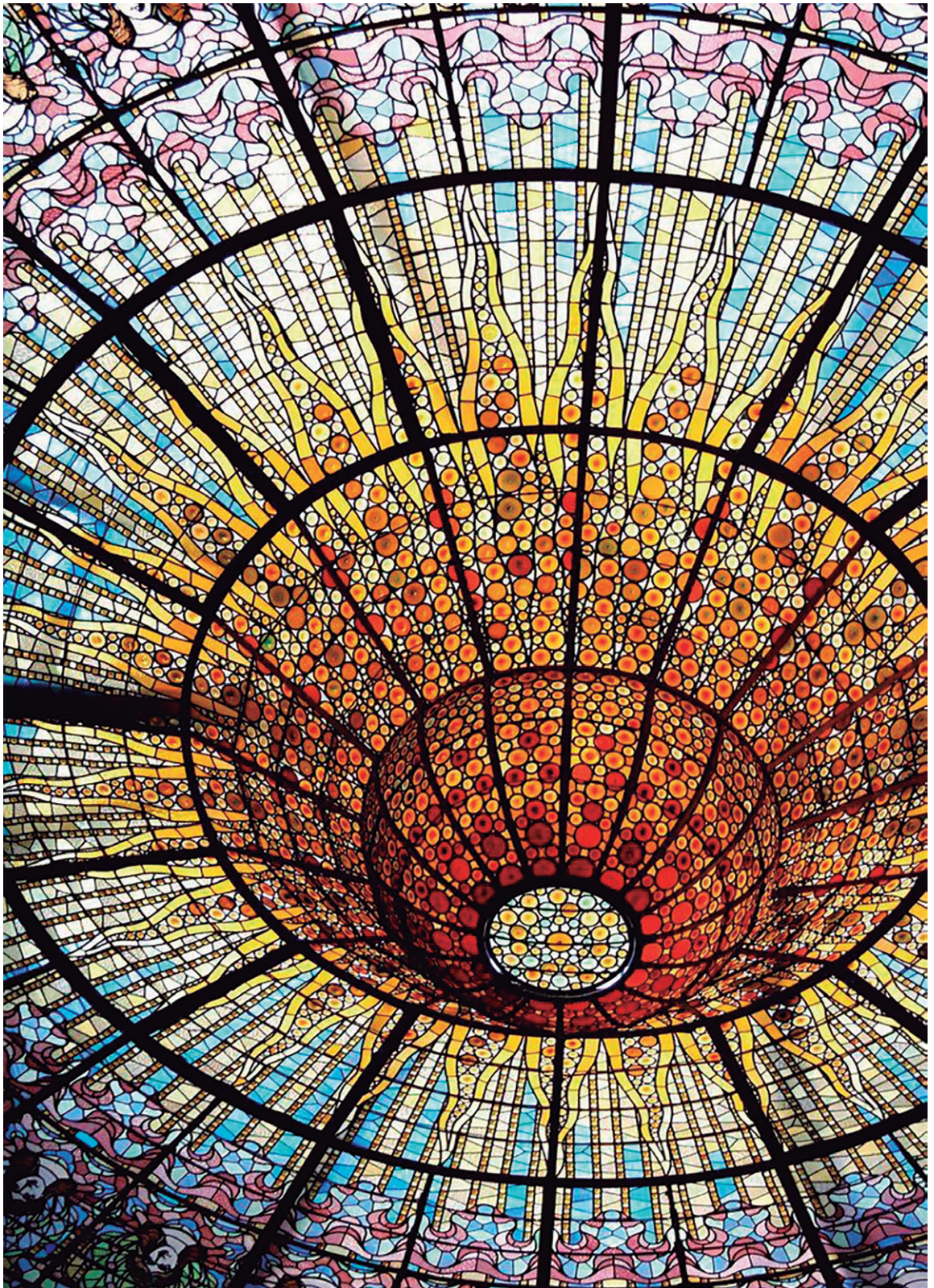


Imagen 6-39

Interior del palacio de la música. Cataluña, España. La repetición de formas y los efectos de luz del vitral evocan una forma fractal del *art nouveau*.

Nota. Adaptado de *architecturaldigest*, 2020, <https://www.architecturaldigest.com/gallery/stained-glass-windows#13>

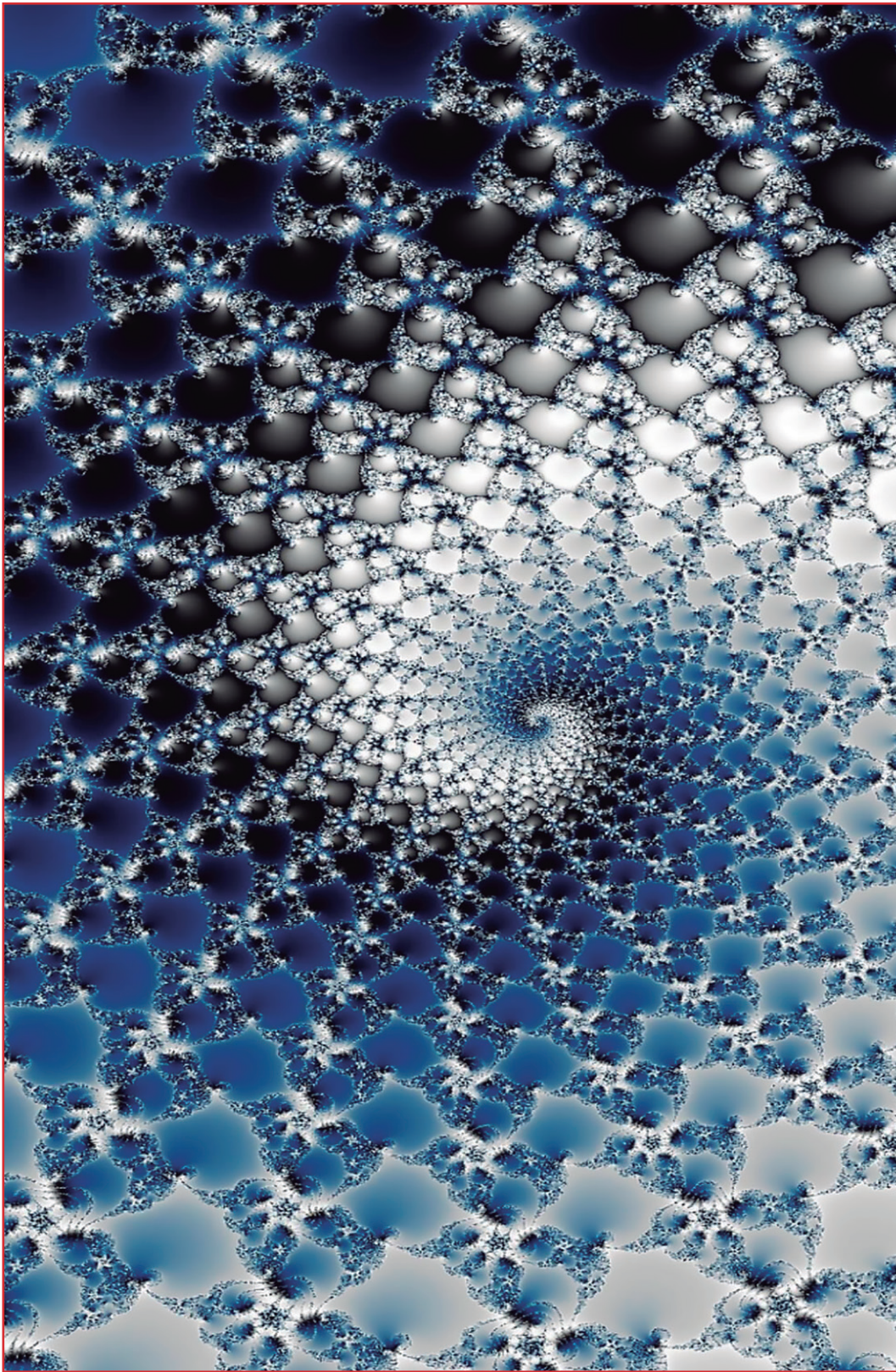


Imagen 6-40

Composición con base en el fractal de Mandelbrot, con invarianza de escala, repetición de forma y gradación de tamaño.

Nota. Adaptado de Mandelbrot, 2020, <https://www.coolwallpapershub.com/abstract-mandelbrot-wallpaper/>



Imagen 6-41

Silla Eames. Las patas de la silla nos recuerda al tesseracto.

Nota. Adaptado Eames, 2020, <https://www.cleanpng.com/png-eames-lounge-chair-charles-and-ray-eames-eames-fib-1780798/download-png.html>



Imagen 6-41

The Infinity Set. Cubiertería fractal, diseño de Lhogho Nurbs. Con base en el polvo de Cantor y el copo de nieve de Koch.

Nota. Adaptado de Infinity, 2020, <https://i.pinimg.com/564x/c6/45/ec/c645ec7b3c466574a0934e0cf08c36c9.jpg>

Referencias y fuentes bibliográficas

- De Spinadel, V. W. (s.f.). Geometría fractal y geometría Euclidiana. *Revista Educación y Pedagogía*, 35, 85-91. <https://revistas.udea.edu.co/index.php/revistaeyp/article/view/5945/5355>
- Guevara, E. (2010). *Diseño industrial. Conceptos para construcción de la forma*. Ediciones Universidad Industrial de Santander.
- López Soto, J., Toledo Gandarias, N., Jimbert Lacha, P., Herrero Bengoechea, M. I. y Caro Rodríguez, J. L. (s.f.). *El diseño industrial y desarrollo de producto*. Proyecto OpenCourseWare (OCW). https://ocw.ehu.eus/file.php/272/3-Proceso_de_diseno.pdf
- Mandelbrot, B. (1982). *The Fractal Geometry of Nature*. Editorial W.H. Freeman & Co.
- Páez Ortigón, J. E., Orjuela Osorio, C. P. y Rojas Morales, C. E. (s.f.). *El concepto de dimensión: errores y dificultades*. Funes. <http://funes.uniandes.edu.co/826/1/30comunNuevo.pdf>
- Patiño, D. (2017). Tumaco-Tolita: cultura, arte y poder en la costa pacífica. *Antropología Cuadernos de Investigación*, 18, 40-54. <https://doi.org/10.26807/ant.v0i18.123>
- Sastre, M. A. (s.f.). *Geometría fractal*. UNDERpost.net. <https://underpost.net/ir/pdf/artificial/Geometria%20Fractal.pdf>





Capítulo



Proporciones

Imagen 7.0.
Nota. Crecimiento proporcional, 2020. Guevara Terranova Laura Valeria.



En el anterior capítulo se trató el concepto de escala que está relacionado con el concepto de proporción; aunque al principio ambos podrían ser sinónimos, existen algunas sutiles diferencias: la escala se refiere a la relación de tamaño, ampliada o reducida, que tiene un artefacto con otro de referencia, recurso con el que se logra semejanza y homeomorfía, mientras que las proporciones son la invarianza de escala que se logra con derivaciones de la forma; también se refiere a la relación directa o inversamente proporcional de una parte del artefacto con otra o con el todo.

Rodríguez (2020, p. 1) menciona que <<la proporción juega un papel primordial ya que se refiere a la relación armoniosa de una parte con otra o con el todo, mientras que la escala sugiere la relación de tamaño del objeto con respecto a su entorno y con otros objetos>>.

Una razón permite entender el concepto de proporción: una razón entre dos números A y B es el cociente de A / B . Una proporción numérica es una igualdad entre dos razones numéricas.

En significados.com (2020), definen que, en matemáticas, semejanza se refiere a las figuras geométricas que tienen la misma forma pero distinto tamaño. Para determinar si una figura es semejante a otra, debe cumplir con tres características: poseer la misma forma, tener ángulos iguales, y conservar medidas proporcionales.

Porto (2015) menciona que la proporción es un término que procede del vocablo latino *proportio*. Se trata de la correspondencia, el equilibrio o la simetría que existe entre los componentes de un todo. La proporción puede calcularse entre los elementos y el todo o entre los propios elementos.

Raffino (2015) propone que en matemáticas se conoce como proporción a la relación de igualdad que existe entre dos razones, es decir, entre dos comparaciones entre dos cantidades determinadas. O sea: si a/b es una razón, entonces la igualdad $a/b = c/d$ será una proporción. Una “proporción aritmética” es una expresión de la relación de igualdad entre 2 razones. Las proporciones aritméticas se pueden representar de dos maneras distintas:

$$a/b = c/d \text{ o bien } a:b = c:d$$

y se lee “a es a b como c es a d”.

Los términos primero y cuarto de una proporción aritmética reciben el nombre de extremos, mientras que los términos segundo y tercero se denominan medios. Así sea la proporción aritmética $10:5 = 8:4$. Los términos 10 y 4 son extremos y 5 y 8 son medios. Las proporciones aritméticas cuyos medios no son iguales reciben el nombre de proporciones aritméticas discretas.

La proporción es definida por la RAE (2020) como: <<del lat. *proportio*, f. Disposición, conformidad o correspondencia debida de las partes de una cosa con el todo o entre cosas relacionadas entre sí>>.

Sistemas de proporciones

Teorema de Tales

El teorema de Tales tiene que ver con la semejanza y las proporciones. Existen dos versiones: el primer teorema enuncia que, si en un triángulo dado se traza un segmento paralelo a uno de sus tres lados, el nuevo triángulo generado será semejante al primero.

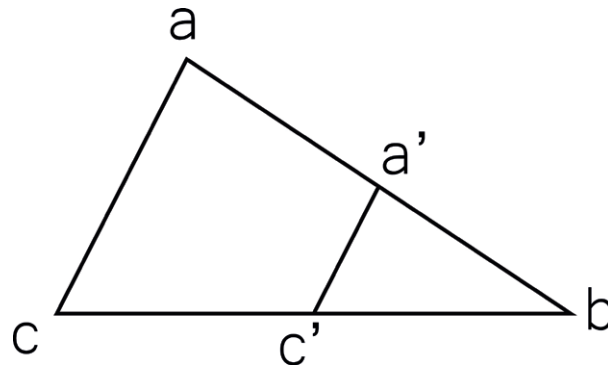


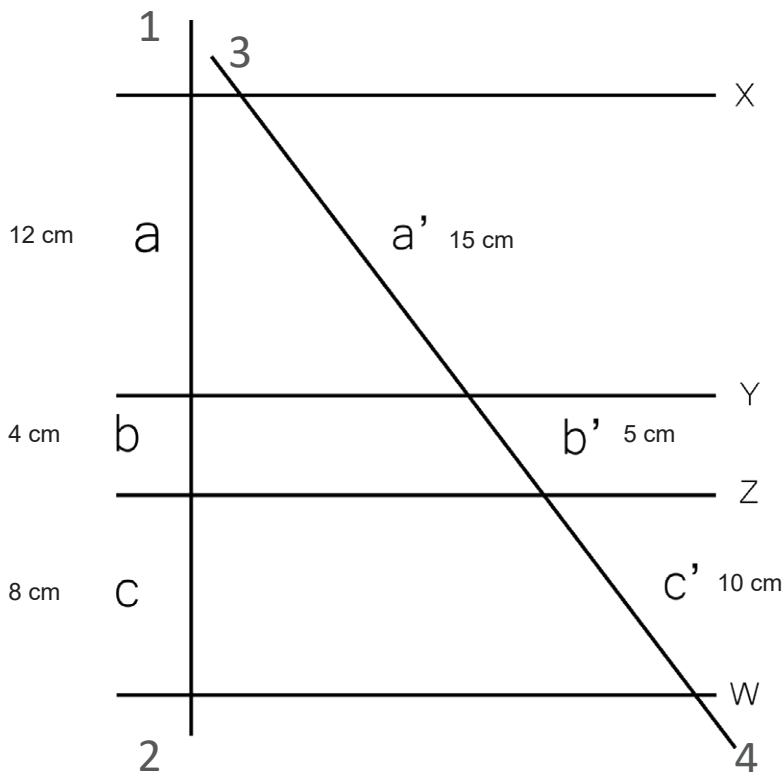
Imagen 7-1

Triángulos semejantes.

Nota. Ilustración, 2020.
Guevara Terranova Laura Valeria.

En la imagen 7-1 se muestra el primer teorema de Tales: en el triángulo a, b, c, se ha trazado un recta a', c', paralela a uno de los lados (a, c) del triángulo, obteniendo un nuevo triángulo a', b, c', que es semejante al primero, es decir, conserva la forma con un decrecimiento proporcional con sus ángulos internos iguales.

El segundo teorema de Tales dice: si dos líneas rectas que se cruzan son cortadas por rectas paralelas, entonces los segmentos que se obtienen en una de las líneas son proporcionales a los segmentos que se obtienen en la otra.



$$\frac{a}{a'} = \frac{b}{b'} = \frac{c}{c'} = K$$

$$\frac{12}{15} = \frac{4}{5} = \frac{8}{10} = 0,8$$

Imagen 7-2

Segmentos
proporcionales.Nota. Ilustración, 2020.
Guevara Terranova Laura Valeria.

En la imagen 7-2 se observa el segundo teorema de Tales: las líneas 1-2 y 3-4 son cortadas por las rectas paralelas X, Y, Z, W, obteniendo los segmentos proporcionales a:a', b:b', c:c'. La constante proporcional K es 0,8.



El formato de impresión

La norma DIN 476 es la que normaliza los formatos de papel. El formato DIN 476 hace parte de la serie A0 que tiene unas medidas de 841 mm de altura por 1189 mm de anchura, con lo cual se logra un metro cuadrado de superficie de papel. En la referencia A1, que es la mitad del formato A0, su lado más largo coincidirá con la longitud del lado más corto del formato que le precede; es decir el lado más largo del A1 (841 mm) coincide con el lado más corto de su superior el A0 y el lado más corto del A1 (594 mm) coincide con el lado más largo del formato que le sucede el A2.

La norma DIN 476 se homologa con la norma ISO 216 de la Organización Internacional para la Normalización (International Organization for Standardization, ISO), que especifica los formatos de papel.

La proporcionalidad del papel ISO es que cada formato tiene una relación de tamaño igual a la raíz cuadrada de dos (1, 4142), lo que simplifica la ampliación o reducción de un documento para imprimirlo en otro formato de papel ISO.

Todas las subdivisiones internas del formato ISO son proporcionales, es decir, que cada rectángulo obtenido es proporcional en área de su derivado superior y con el todo.

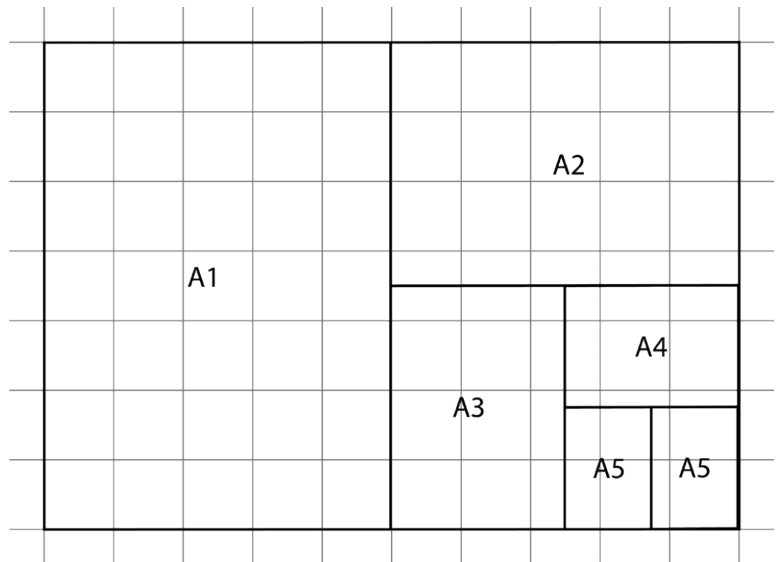
Medidas	Superficie	Proporción A0
A0: 841×1189 mm	1 m ²	1
A1: 594×841 mm	0,5 m ²	2
A2: 594×420 mm	0,25 m ²	4
A3: 420×297 mm	0,125 m ²	8
A4: 297×210 mm	0,0625 m ²	16
A5: 210×148 mm	0,03125 m ²	32
A6: 148×105 mm	0,015625 m ²	64
A7: 105×74 mm	0,0078125 m ²	128
A8: 74×52 mm	0,00390625 m ²	256

En Colombia, es muy popular el formato B1 de la serie ISO 216, y sus medidas son 70,7 x 100 cm (se aproxima a 70 x 100 cm). Este formato también es conocido como pliego y este se subdivide en medios, que corresponde al formato B2 (50 x 70 cm), en cuartos, que corresponde al formato B3 (35 x 50 cm), y el octavo que corresponde al formato B4 (25 x 35 cm).

Imagen 7-3

Subdivisión interna del formato A0.

Nota. Ilustración, 2020.
Guevara Terranova Laura Valeria.



En la imagen 7-3 se observa la subdivisión interna del formato A0; el lado menor del formato (841 mm) se multiplica por la raíz cuadrada de dos (1,4142) para obtener el lado mayor (1189 mm), el área del rectángulo resultante es de un metro cuadrado.

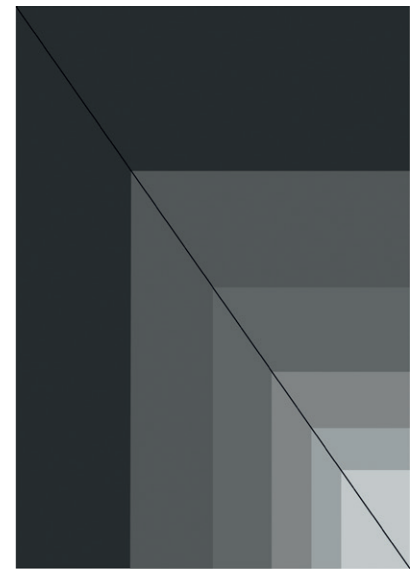
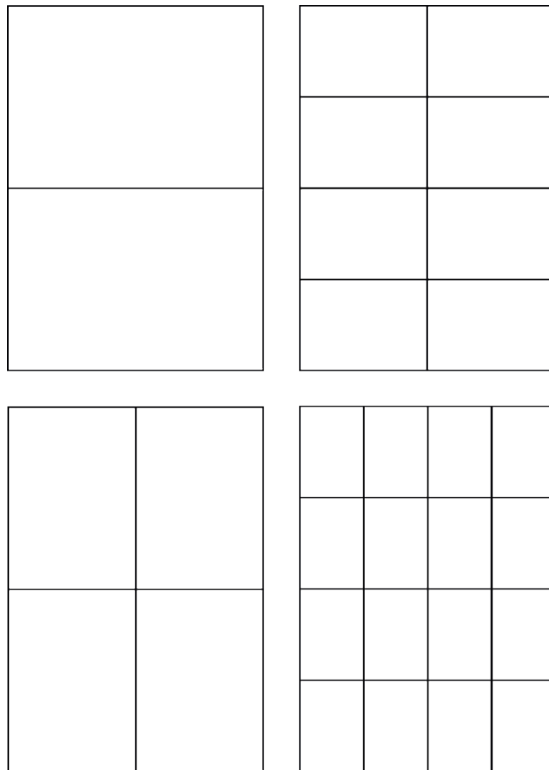


Imagen 7-4

Semejanza y proporcionalidad de los rectángulos obtenidos en la subdivisión del formato A0.

Nota. Ilustración, 2020.
Guevara Terranova Laura Valeria.

La parte izquierda de la imagen 7-4 muestra la similitud de forma con invarianza de escala que se obtiene de la subdivisión interna del formato A0; la parte derecha muestra los diferentes rectángulos alineados con la diagonal del formato base A0. Todas las diagonales de los rectángulos derivados coinciden con la diagonal del formato punto de partida, lo que demuestra su proporcionalidad.

Rectángulo de Pitágoras

El rectángulo de Pitágoras se obtiene de colocar en toque o yuxtaposición por su hipotenusa dos triángulos rectángulos de proporción 3:4:5. Esto produce un rectángulo que mide 3 unidades de base por 4 unidades de altura, es decir, con una proporción de $4:3 = 1,333$.

Para configurar cualquier rectángulo pitagórico se debe multiplicar la constante $K = 1,333$ por el lado menor del rectángulo, y con esto se obtendrá el lado mayor.

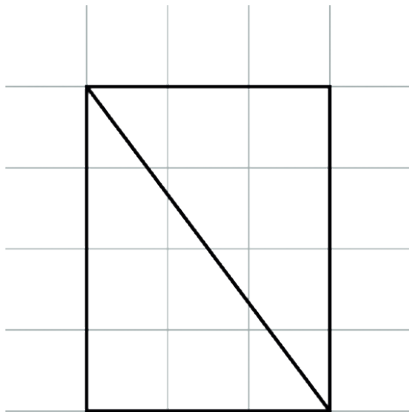


Imagen 7-5

Rectángulo de Pitágoras.

Nota. Ilustración, 2020.

Guevara Terranova Laura Valeria.

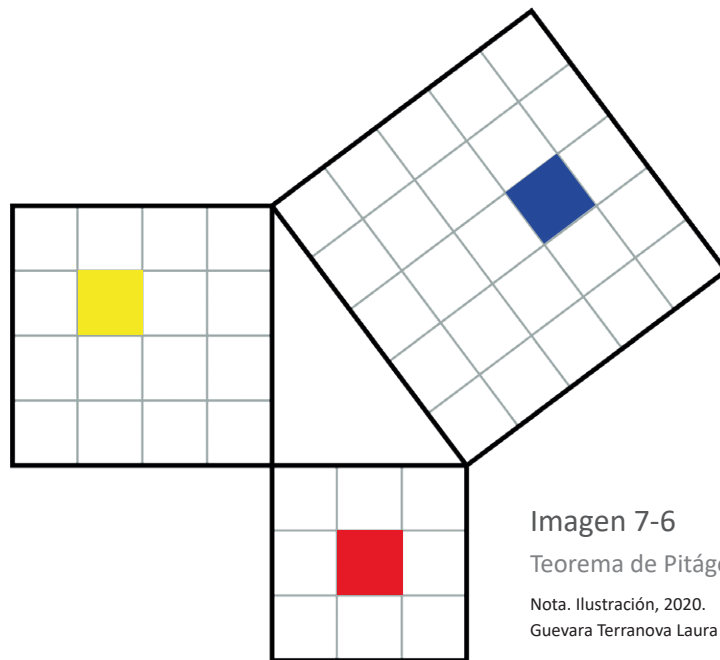


Imagen 7-6

Teorema de Pitágoras.

Nota. Ilustración, 2020.

Guevara Terranova Laura Valeria.

Teorema de Pitágoras

El teorema de Pitágoras establece que, en un triángulo rectángulo, el cuadrado de la hipotenusa es igual a la suma de los cuadrados de los catetos. Esto demuestra que el área obtenida crece proporcionalmente a los catetos del triángulo.

En la imagen 7-6 se muestra un triángulo rectángulo que tiene base = 3 unidades, altura 4 unidades y la hipotenusa son 5 unidades.

También se demuestra que el cuadrado del lado que mide 5 unidades tiene un área de 25 unidades, que corresponde a la suma del cuadrado del lado que mide 4 unidades (es decir, área igual a 16 unidades) más el cuadrado de lado que mide 3 unidades (o sea, área igual a 9 unidades). Entonces $25 = 16 + 9$.

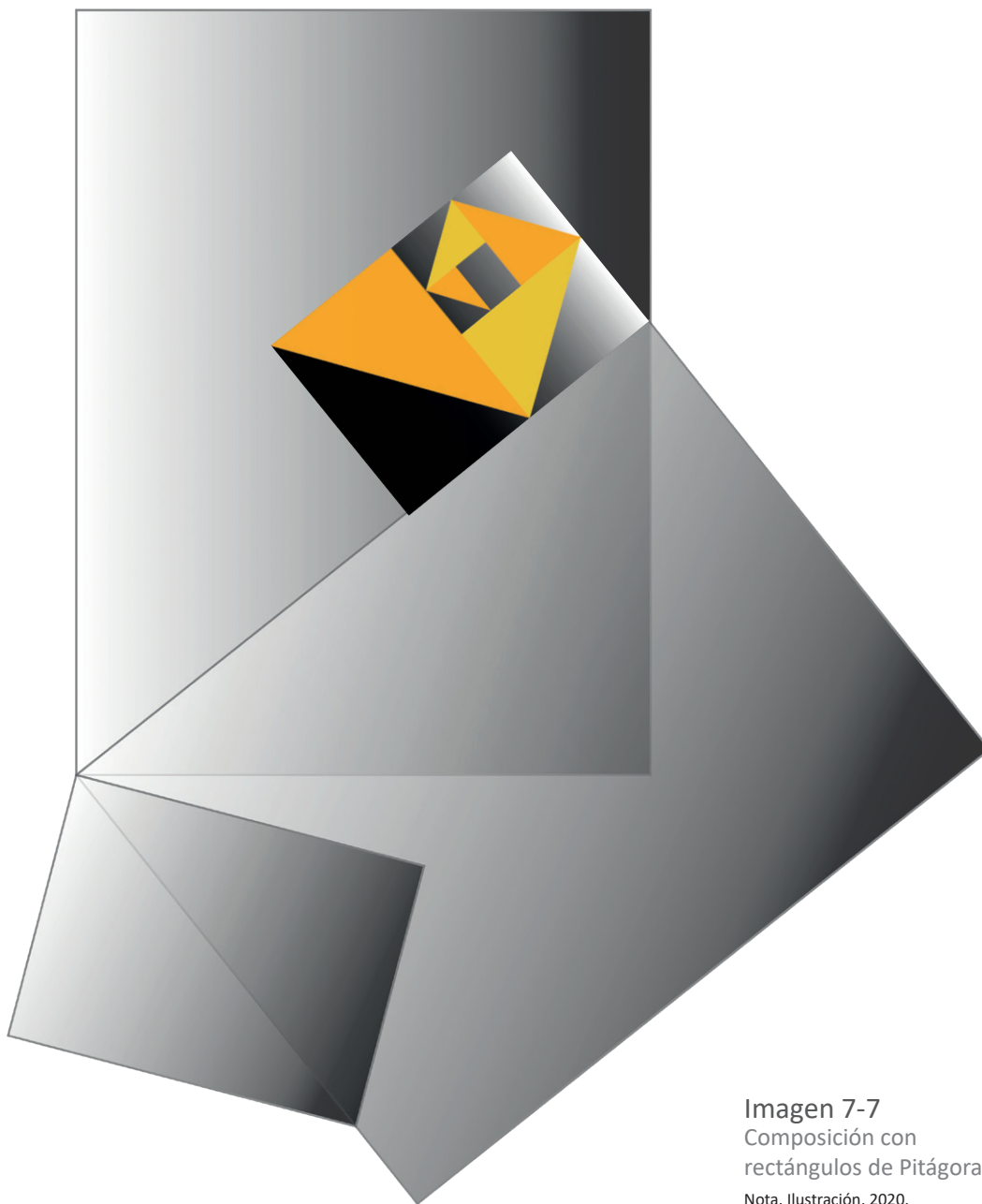


Imagen 7-7
Composición con
rectángulos de Pitágoras.

Nota. Ilustración, 2020.
Guevara Terranova Laura Valeria.

En la imagen 7-6 se muestra una composición en la que se han emplazado tres rectángulos de Pitágoras, que tienen un crecimiento proporcional con base en la constante $K = 1,333$. Nótese que los rectángulos giran en el plano hasta que un vértice coincide con un lado del rectángulo que también decrece proporcionalmente.

En esta composición, se puede ver que, aparecen por superposición y transparencia de los rectángulos de Pitágoras, unos triángulos proporcionales con la constante K . En la zona de colores cálidos, se han ubicado rectángulos de Pitágoras con invarianza de escala, también se ha construido una espiral con los triángulos que se obtuvieron con la diagonal y los lados del rectángulo. Esos triángulos también decrecen proporcionalmente.

El rectángulo armónico

Consuegra (1992, p. 91) describe la construcción geométrica de rectángulo armónico de la siguiente manera:

La construcción de un rectángulo armónico es muy sencilla; se comienza dibujando un cuadrado, luego se rebate su diagonal sobre la prolongación de su base, obteniendo un rectángulo, donde las medidas de sus lados, independientemente de aquellas que constituyen la unidad base, están en una relación de $1/\sqrt{2}$.

Este rectángulo armónico tiene las mismas proporciones que el formato A0, y su crecimiento o decrecimiento se realiza con base en la constante $K = 1,4142$.

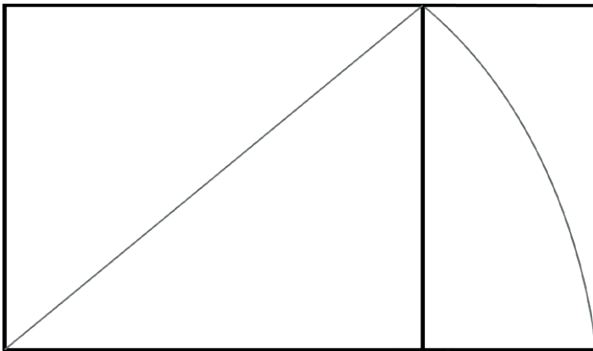


Imagen 7-8
Construcción del
rectángulo armónico.

Nota. Ilustración, 2020.
Guevara Terranova Laura Valeria.

Rectángulos dinámicos

Los rectángulos dinámicos se construyen a partir del rectángulo armónico, el método consiste en trazar la diagonal del rectángulo armónico y rebatirla hacia la prolongación de la base del mismo; si se continúa el proceso, con el rebatimiento de la diagonal de cada nuevo rectángulo obtenido, se logrará una serie de rectángulos cuyos lados están en relación de $1/\sqrt{3}$; de $1/\sqrt{4}$ (un área igual a dos cuadrados) de $1/\sqrt{5}$, y así hasta el infinito.

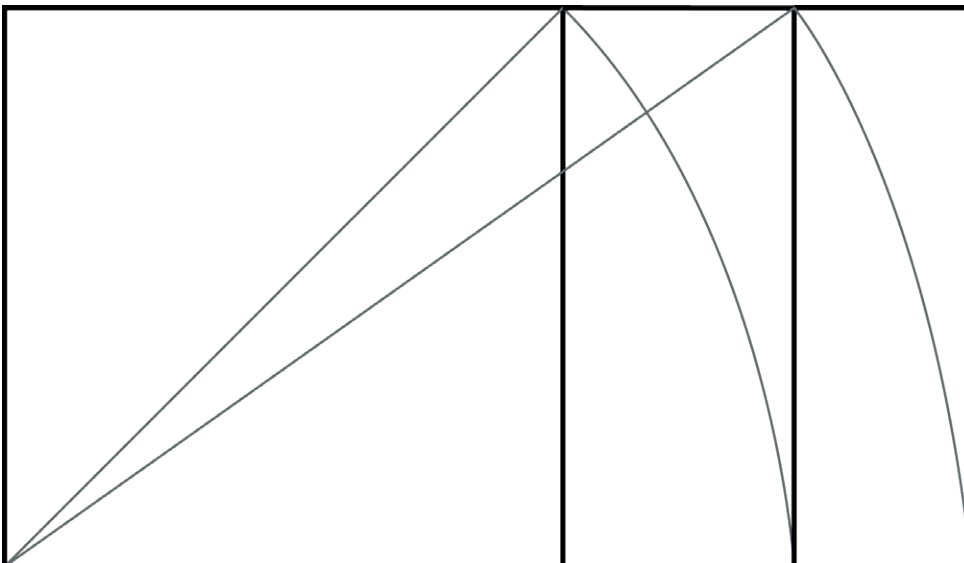
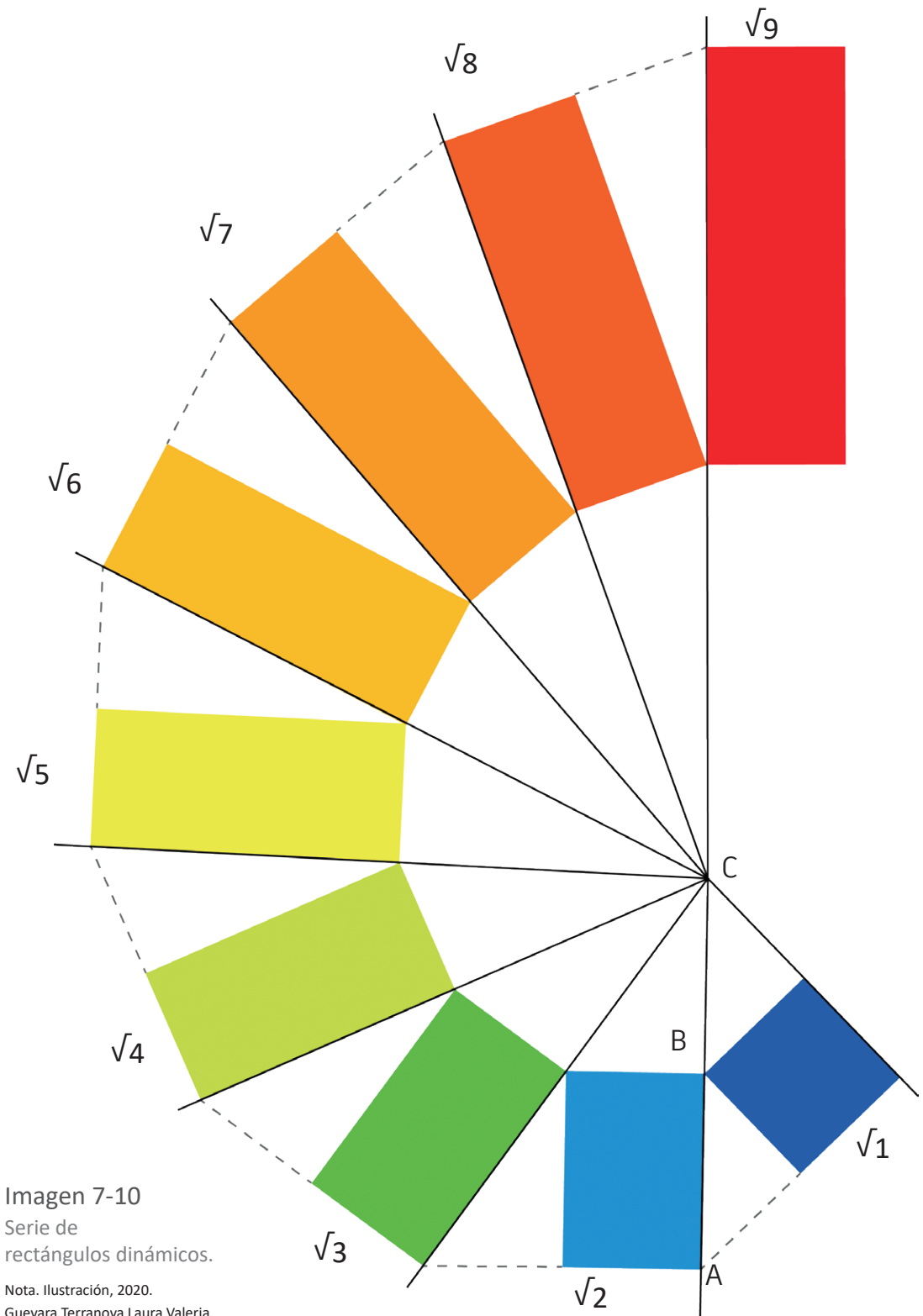


Imagen 7-9 Construcción de rectángulos dinámicos. Nota. Ilustración, 2020. Guevara Terranova Laura Valeria.



En la imagen 7-9 se observa una distribución en espiral de rectángulos dinámicos, esto se conoce como serie de rectángulos dinámicos. Nótese que la línea A-B tiene la longitud de la diagonal del cuadrado base; los demás rectángulos se construyeron con el procedimiento planteado para la construcción de rectángulos dinámicos. En el punto C, convergen las prolongaciones del lado más largo del rectángulo dinámico derivado. Se utilizaron, como elementos visuales, los colores primarios y los secundarios.

Rectángulo de plata

Reyes (2008) define a un rectángulo de plata de la siguiente manera: <<es aquel cuya proporción es el número de plata $\theta = 1 + \sqrt{2}$. Está relacionado con el octágono regular; en efecto, puede formarse un rectángulo de plata con la longitud de un lado del octágono regular y una distancia perpendicular entre lados opuestos>>.

Este rectángulo también se forma por la yuxtaposición (la interrelación por toque en una arista) de un cuadrado y del rectángulo dinámico en proporción $1/\sqrt{2}$ (Ver imagen 7-11).

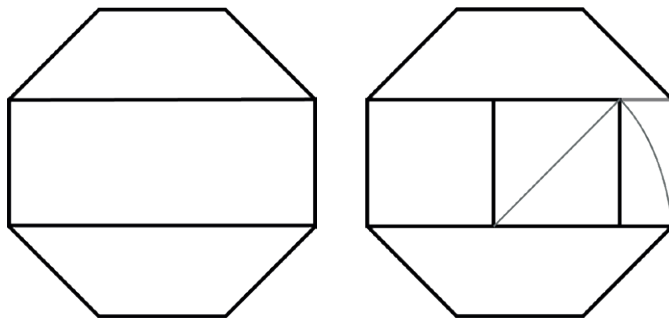


Imagen 7-11
Rectángulo de plata.

Nota. Ilustración, 2020.
Guevara Terranova Laura Valeria.

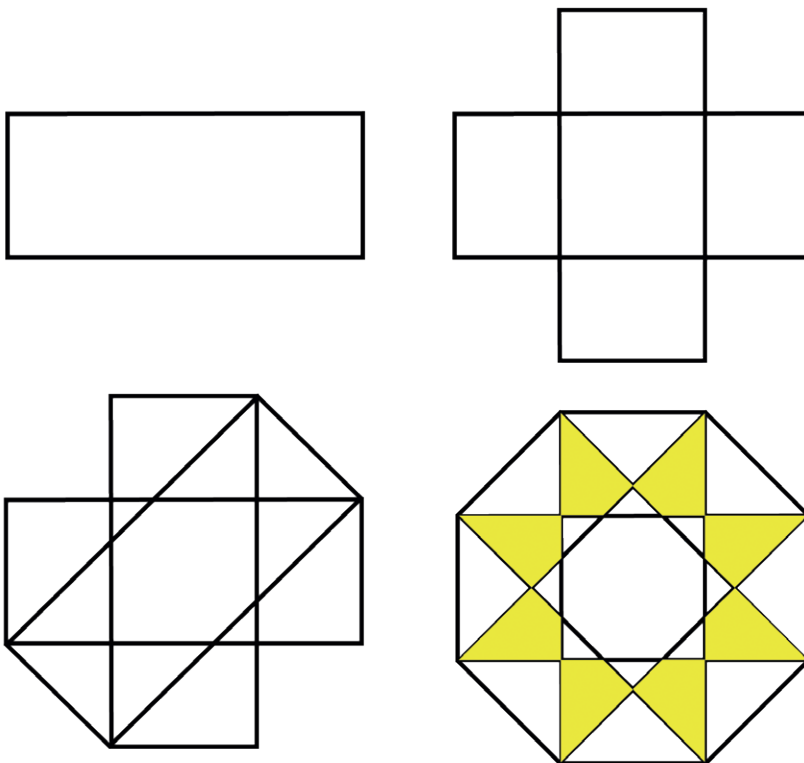


Imagen 7-12
Rectángulo de plata y su
relación con el octágono.

Nota. Ilustración, 2020.
Guevara Terranova Laura Valeria.

La imagen 7-11 muestra de forma paulatina que el octágono se puede configurar por la disposición en radiación de 4 rectángulos de plata. Nótese que además del octágono se forma el octagrama o polígono estrellado.

La composición propuesta en el octagrama es similar al símbolo Quillasinga, conocido como el sol de los Pastos; representación de Inti en la cultura Inca.

Números de Pell-Lucas

Roldán (2020) afirma que en matemáticas los números de Pell son una sucesión infinita de números enteros, que comprende los denominadores de la fracción continua de la raíz cuadrada de dos ($1/1, 3/2, 7/5, 17/12, 41/29\dots$). Se toma los coeficientes de recurrencia con base en $A=2$ y $B=1$. Es decir, que $X(n+1)=2X(n)+X(n-1)$.

En otras palabras, la secuencia de números de Pell comienza con 0 y 1, y luego cada número de Pell se obtiene de los dos anteriores: es la suma de dos veces el número de Pell anterior y del número de Pell previo a este. Los primeros términos de la secuencia son 0, 1, 2, 5, 12, 29, 70, 169, 408, 985, 2378, 5741, 13860...

Los numeradores de la misma secuencia de aproximaciones son las mitades de los números compañeros de Pell o números de Pell-Lucas; de forma que estos números (multiplicados por 2) forman una segunda secuencia infinita que comienza con 2, 6, 14, 34, 82...

Ambas secuencias de números crecen exponencialmente, de forma proporcional a las potencias del número plateado $1+\sqrt{2}$.

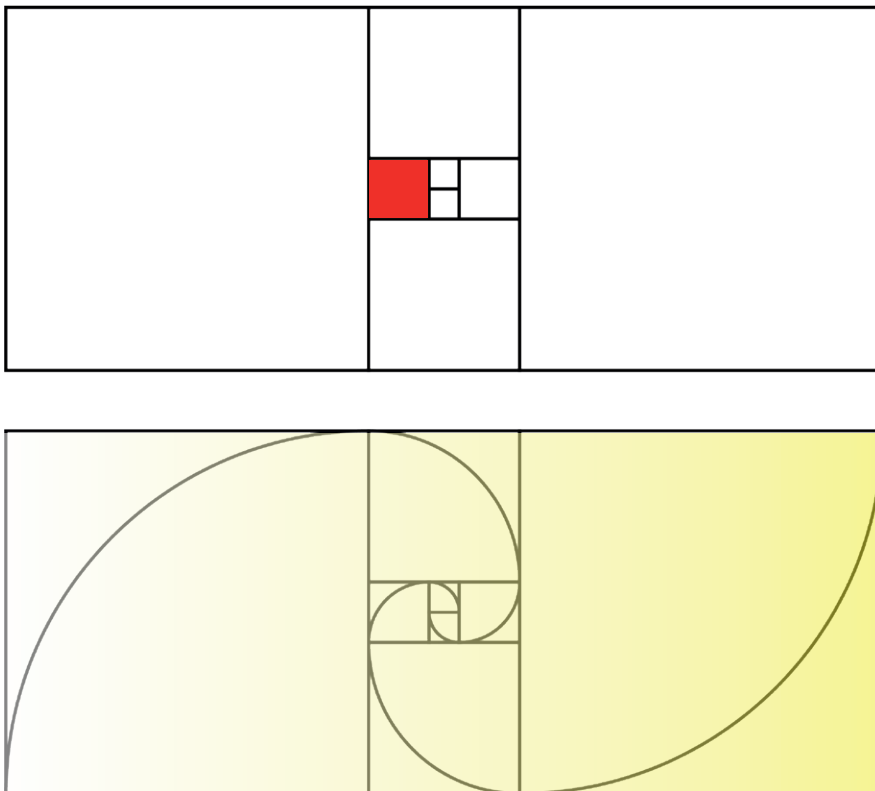


Imagen 7-13
Representación gráfica de la secuencia de Pell.

Nota. Ilustración, 2020.
Guevara Terranova Laura Valeria.

En la imagen 7-13 se observa la representación gráfica de la secuencia de Pell, y la construcción de la espiral de Pell. Nótese que los cuadrados y la espiral crecen exponencialmente, de forma proporcional al número plateado.

Secuencia de Padovan

Jiménez (2006) define la secuencia de Padovan como «una sucesión de números enteros definidos por la siguiente regla de recurrencia: $P(n) = P(n-2) + P(n-3)$. Los valores iniciales de la recurrencia están definidos por: $P(0) = P(1) = P(2) = 1$ ».

Una estructura gráfica relacionada con esta secuencia se puede obtener en una espiral de triángulos equiláteros, siendo la longitud de los lados, elementos de la sucesión. Los primeros valores de $P(n)$ son: 1, 1, 1, 2, 2, 3, 4, 5, 7, 9, 12, 16...

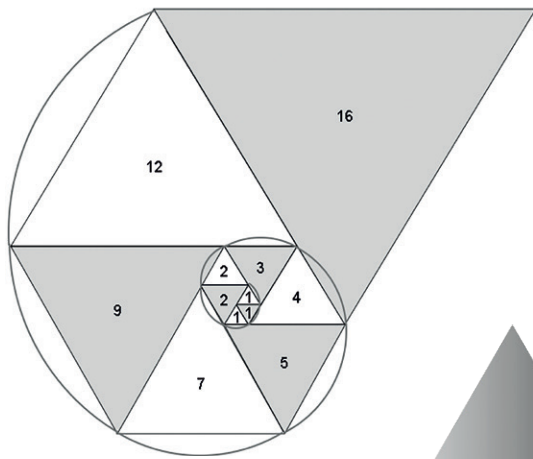


Imagen 7-14

Representación gráfica de la secuencia de Padovan.

Nota. Ilustración, 2020.
Guevara Terranova Laura Valeria.

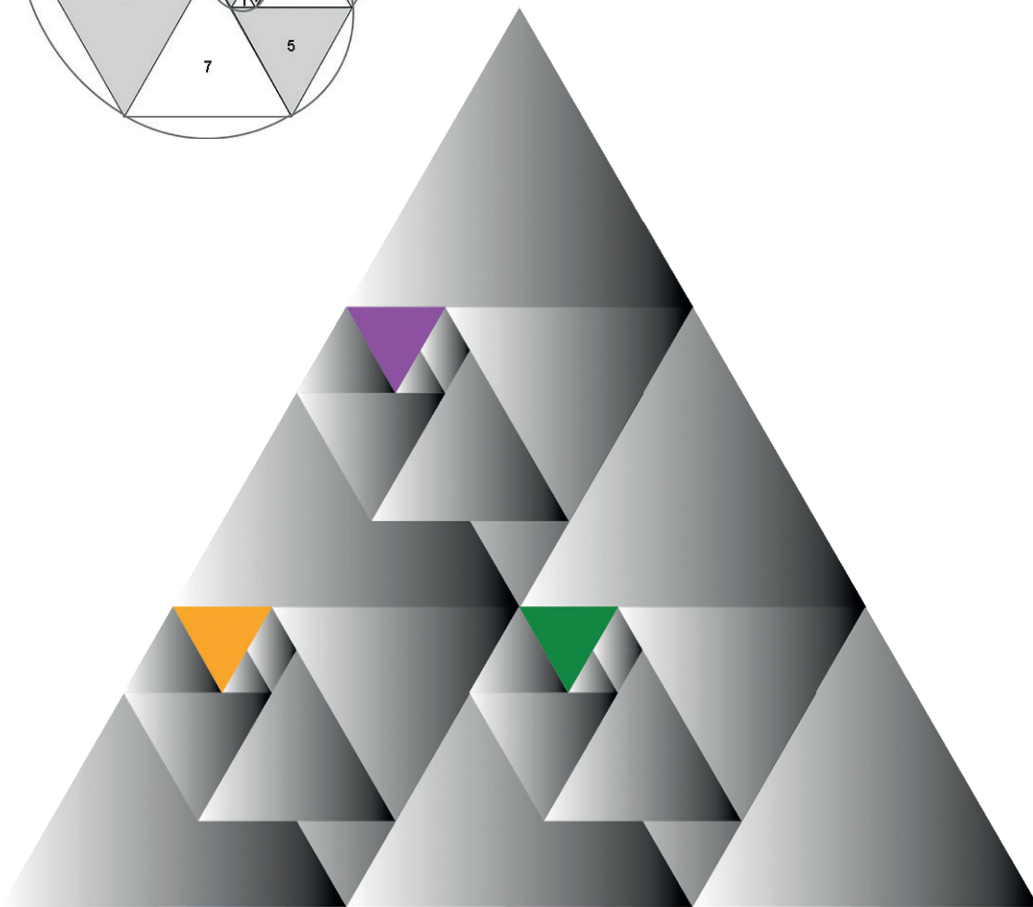


Imagen 7-15 Composición con la secuencia de Padovan.

Nota. Ilustración, 2020. Guevara Terranova Laura Valeria.

PROPORCIONES ÁUREAS

Uno de los recursos con grandes posibilidades para configuración es el uso de las proporciones áureas en el diseño de artefactos. Estas proporciones permiten que las formas crezcan de manera equivalente y que sus componentes dimensionales mantengan algún tipo de relación.

Si un artefacto se percibe con buena forma, es decir, que tiene una gran calidad eurítmica estética, pero que al tiempo también se evidencia con baja complejidad desde el punto de vista perceptual, seguramente, en su diseño se ha seguido los postulados de construcción con base en las proporciones áureas.

Sucesión de Fibonacci

La sucesión de Fibonacci es una sucesión definida por recurrencia (Cervera, 2017).

Esto significa que para calcular un término de la sucesión se necesitan los términos que le preceden. La sucesión de Fibonacci está determinada por :

$$X_n = X_{n-1} + X_{n-2}$$

Los dos primeros términos de la sucesión son 0 y 1. Aplicando la fórmula descrita para el tercer término (X_3): $X_1 = 0$, $X_2 = 1$, $\Rightarrow (0+1=1)$. El tercer término es 1, el cuarto es 2, el quinto es 3 y así hasta el infinito. Los quince primeros términos son: 0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144, 233, 377...

Al dividir el término anterior por el siguiente, por ejemplo 21/34, se obtiene 0,61803; y si se divide el término siguiente sobre el término anterior, como por ejemplo 377 / 233, da como resultado: 1,61803, que es el número phi (ϕ). La expresión para phi es:

$$\phi = \frac{1 + \sqrt{5}}{2} \approx 1,6180339887$$

Para encontrar cualquier término de la sucesión de Fibonacci, sin conocer los dos precedentes, se utiliza la fórmula de Binet y el número Phi (ϕ) 1,61803 :

$$X_n = \frac{\phi^n - (1 - \phi)^n}{\sqrt{5}}$$

La sucesión de Fibonacci está presente en la naturaleza por doquier, por ejemplo, en las proporciones del cuerpo humano, en la espiral del Nautilus, en los pétalos de una flor, en las ramas y hojas de los árboles en las que, de acuerdo a la filotaxia, se distribuyen buscando siempre recibir el máximo de luz para cada una de ellas. Por eso ninguna hoja nace justo en la vertical de la anterior. Incluso se puede encontrar la sucesión de Fibonacci en el recorrido de un huracán o en la conformación de una galaxia.



Espiral de Fibonacci

La espiral de Fibonacci se construye con base en dos cuadrados iniciales cuyos lados corresponden a los consecutivos de la sucesión de Fibonacci, los cuadrados, van creciendo proporcionalmente con la serie y se ubican con toque de sus aristas, para luego dibujar arcos en cada uno de ellos.

La imagen 7-16 muestra la espiral de Fibonacci, construida con base en cuadrados cuyos lados miden 1, 1, 2, 3, 5, 8, y que corresponde a 6 términos consecutivos de la serie.

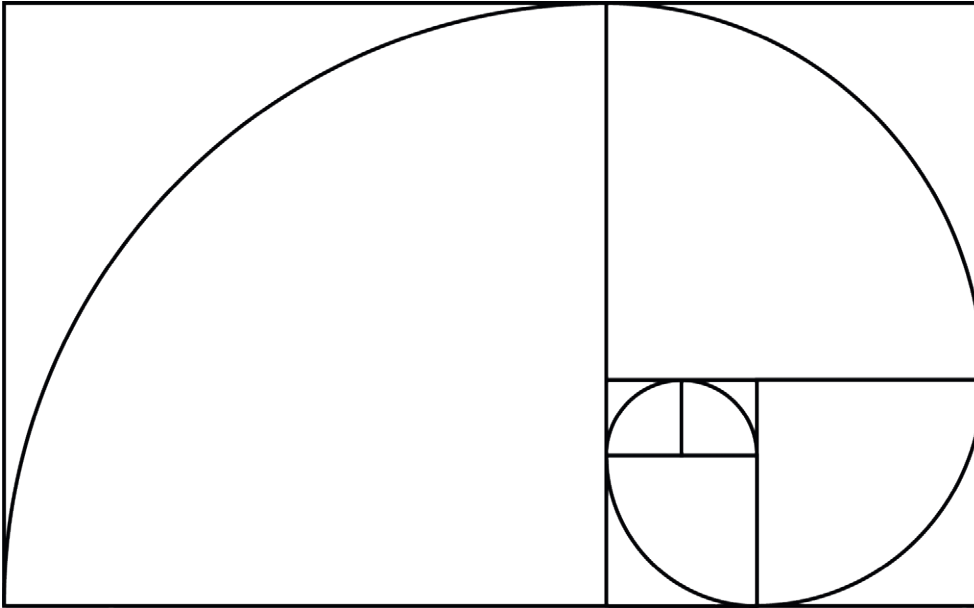


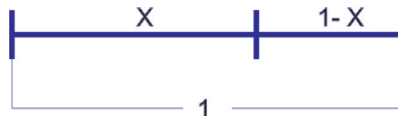
Imagen 7-16 Espiral de Fibonacci. Nota. Ilustración, 2020. Guevara Terranova Laura Valeria.



Imagen 7-17 Composición Fibonacci. Nota. Ilustración, 2020. Guevara Terranova Laura Valeria.

Sección áurea

La sección áurea es una proporción entre las longitudes de una recta que se divide en dos partes, una parte tiene una longitud diferente de la otra. Se trata de la división armónica de una recta en media y extrema razón. Esto hace referencia a que, si la línea se divide en dos partes desiguales, el segmento menor es al segmento mayor como el segmento mayor es a la totalidad de la recta.



Si se toma un segmento de longitud 1 y se realiza en él la división indicada anteriormente, se puede resolver con la siguiente ecuación.

$$\frac{1-X}{X} = \frac{X}{1} \rightarrow 1-X=X^2 \rightarrow X^2+X-1=0 \rightarrow X=(1\pm\sqrt{5})/2$$

La solución positiva para esta ecuación es 1,61803399, o sea, el número Phi (ϕ), y la solución negativa es 0,618033991, lo que determina la sección áurea.

Con base en lo anterior, si se requiere encontrar la parte mayor de esta relación y su sección áurea de cualquier longitud de línea, es suficiente dividir esa longitud por la solución positiva del número Phi (ϕ), o multiplicar la longitud por 0,618033991...

Por ejemplo, al aplicar este método a una línea que mide 34 cm se obtiene la parte mayor: $34 / 1,61813 = 21$ cm y $34 \times 0,61832 = 21$ cm. La parte menor se obtiene de restarle al todo la parte mayor: 34 cm (el todo), menos 21 cm (la parte mayor), se obtiene 13 cm (la parte menor). 13 cm es la sección áurea de una línea de 34 cm.

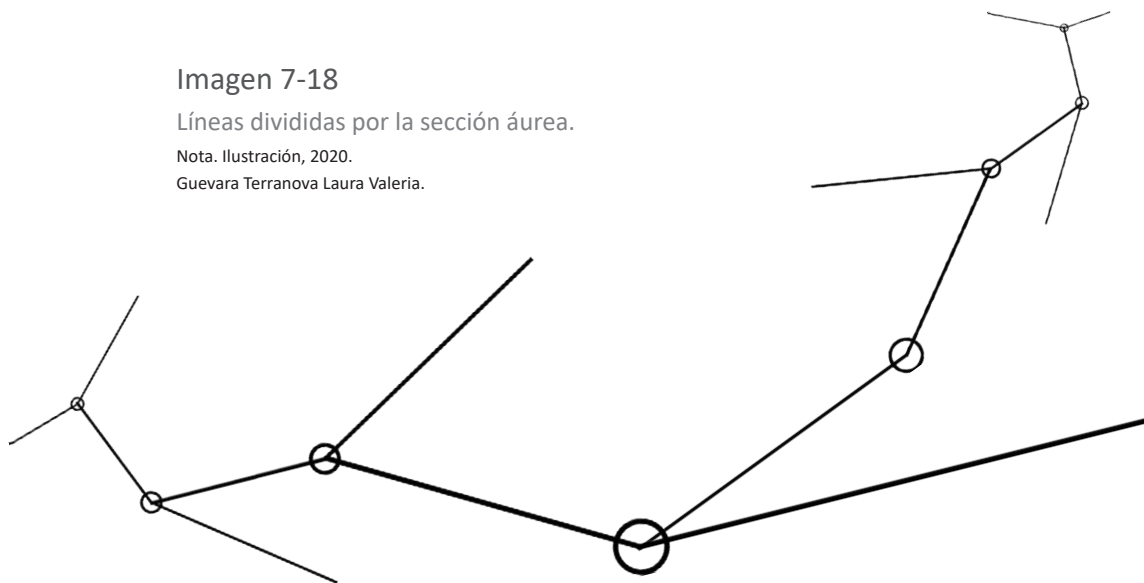
Lo interesante es que 13, 21 y 34 son tres términos consecutivos de la sucesión de Fibonacci. Lo anterior se cumple para cualquier pareja de números consecutivos.

Imagen 7-18

Líneas divididas por la sección áurea.

Nota. Ilustración, 2020.

Guevara Terranova Laura Valeria.



Rectángulo dorado

El rectángulo dorado es una de las figuras más utilizadas en el mundo del diseño; sus proporciones hacen que se aprecie una forma con alta calidad estética, que algunos la definen como bella. El rectángulo dorado es una configuración que amalgama una mezcla de minimal con euritmia pura.

Un rectángulo dorado ha inspirado a mentes divergentes, entre otros campos, en diseño, arte, ingeniería, arquitectura, literatura, y música.

La forma rectangular básica evoca una pregnancia que es una síntesis depurada de proporciones que se derivan de la sucesión de Fibonacci. Para construir un rectángulo dorado, basta con tomar dos términos consecutivos de la sucesión, con esos números se obtiene el lado menor y el lado mayor del rectángulo.

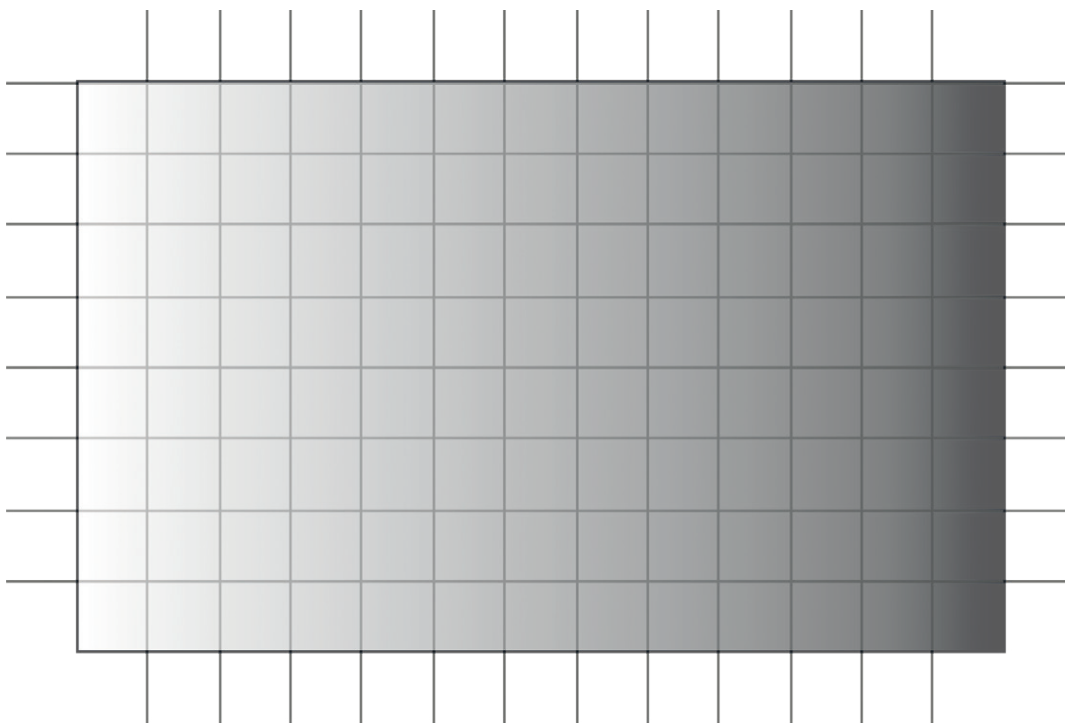


Imagen 7-19 Rectángulo dorado. Nota. Ilustración, 2020. Guevara Terranova Laura Valeria.

La imagen 7-19 muestra un rectángulo dorado de 13 unidades de base por 8 unidades de altura. 13 y 8 son términos consecutivos de la sucesión de Fibonacci.

La imagen 7-20 muestra, en un rectángulo dorado, ilustrado con el color rojo Ferrari, color que ha sido registrado a nivel global por esa marca, y quien desee utilizar esa mezcla específica tendrá que solicitar autorización expresa.

Según Encycolorpedia (2020), el color rosso corsa (rojo ferrari) con el código de color hexadecimal #cc0000 / #c00 es una sombra oscura media de rojo. En el modelo de color RGB #cc0000, dicho color se compone de 80 % de rojo, 0 % de verde y 0 % de azul. En el espacio de color HSL #cc0000 tiene un tono de 0° (grados), 100 % de saturación y 40 % de luminosidad. Este color tiene una longitud de onda aproximada de 611,37 nm.



Imagen 7-20

Rojo Ferrari.

Nota. Ilustración, 2020.

Guevara Terranova Laura Valeria.



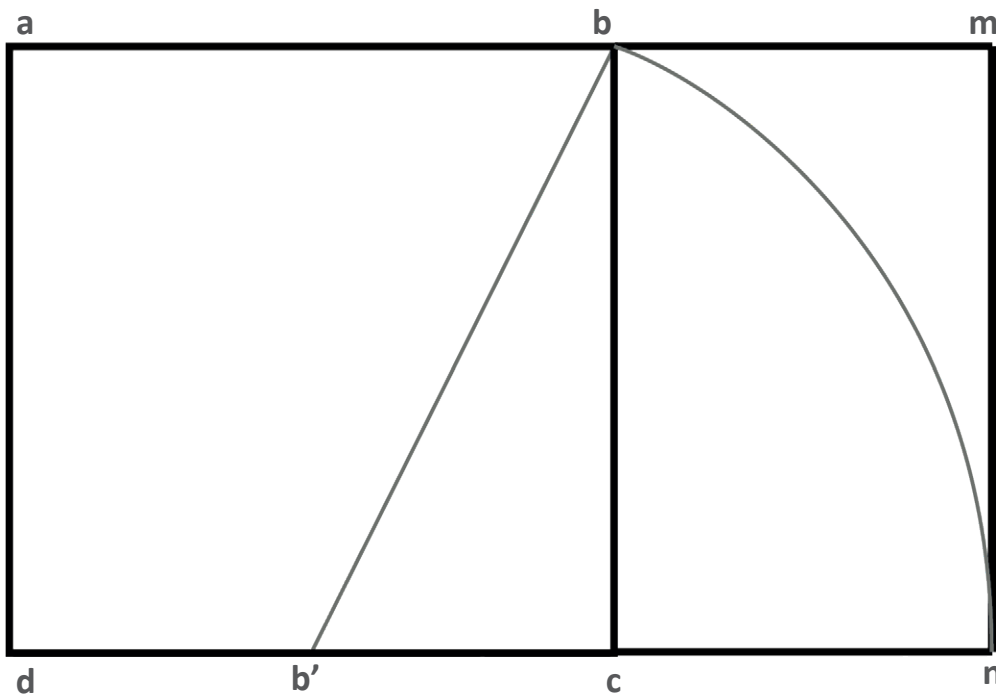


Imagen 7-21
Construcción
geométrica del
rectángulo dorado.

Nota. Ilustración, 2020.
Guevara Terranova Laura Valeria.

La imagen 7-21 ilustra la construcción geométrica de un rectángulo dorado que se logra con el siguiente procedimiento:

1. Dibujar un cuadrado ABCD.
2. Ubicar el punto medio B' en la base del cuadrado.
3. Trazar la diagonal $B'-B$.
4. Rebatir la diagonal $B'B$ a la base del cuadrado.
5. Por el punto N , trazar una perpendicular a la prolongación de la base del cuadrado y con una altura de la longitud del lado del cuadrado.
6. Dibujar el rectángulo dorado $AMND$.

Análisis del rectángulo dorado $AMND$:

- El segmento DC es la parte mayor de la división con proporciones áureas.
- El segmento CN es la parte menor de la división de la línea DN con proporciones áureas.
- El punto C es la sección áurea de la línea DN .
- La diagonal $B'B$ tiene la misma longitud que la línea horizontal $B'N$.
- El rectángulo $BMNC$ que resulta de la subdivisión del rectángulo original por su sección áurea, se conoce como rectángulo derivado de un rectángulo dorado de área mayor.
- El rectángulo $BMNC$ es un rectángulo dorado, esto se demuestra por lo siguiente: si el lado mayor del rectángulo $AMDN$ mide 13 centímetros, entonces, según la sucesión de Fibonacci, el lado menor mide 8 centímetros; 8 y 13 son dos términos consecutivos. Con base en lo anterior, la sección áurea de la base del rectángulo $BMNC$ es de 5 centímetros y la parte mayor es de 8 cm; 5 y 8 son términos adyacentes en la sucesión.
- Si el lado del cuadrado $ABCD$ es 1, entonces la diagonal $B'B$ es $1\sqrt{5}/2$.

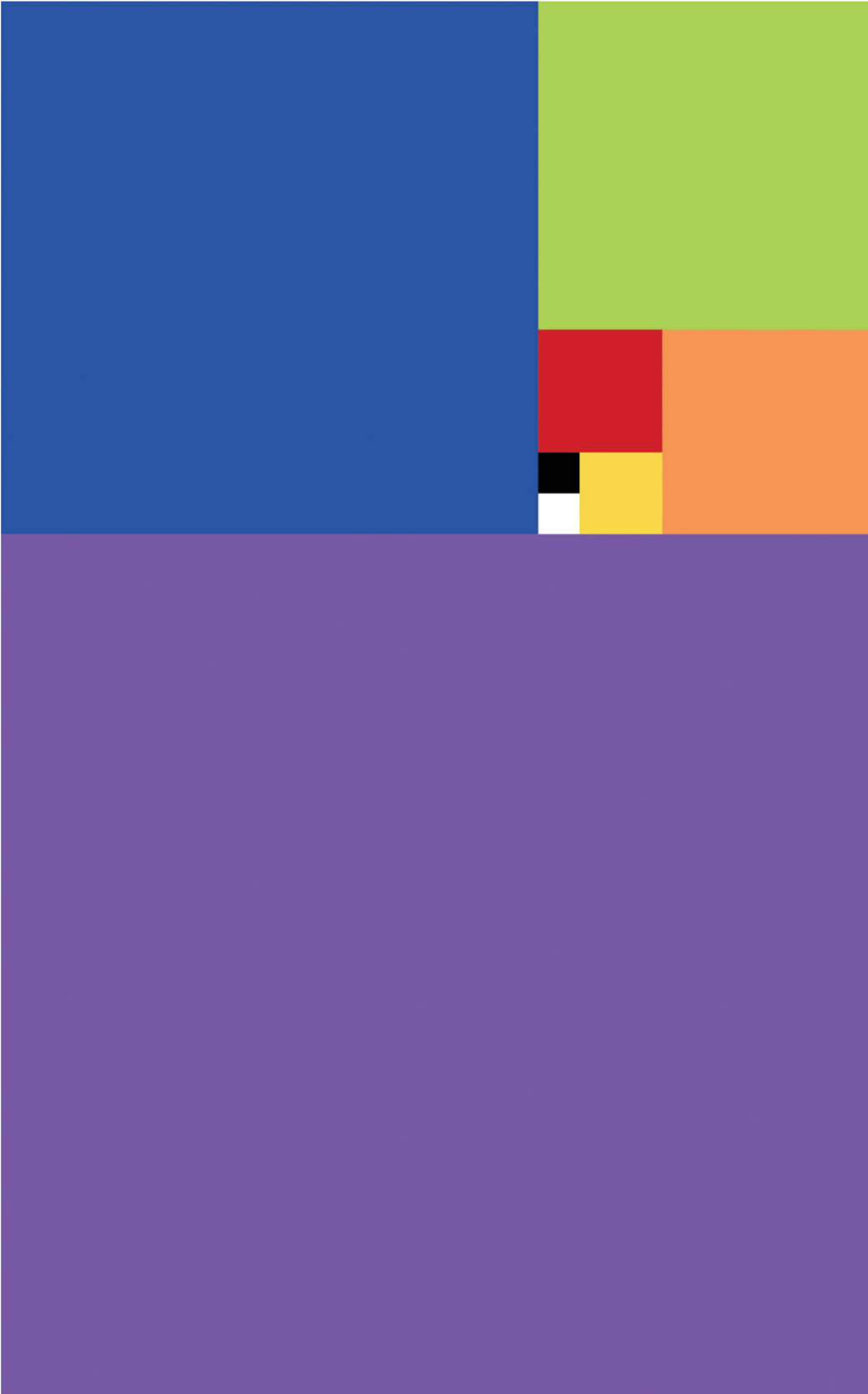


Imagen 7-22
Rectángulo dorado policromático.

Nota. Ilustración, 2020.
Guevara Terranova Laura Valeria.



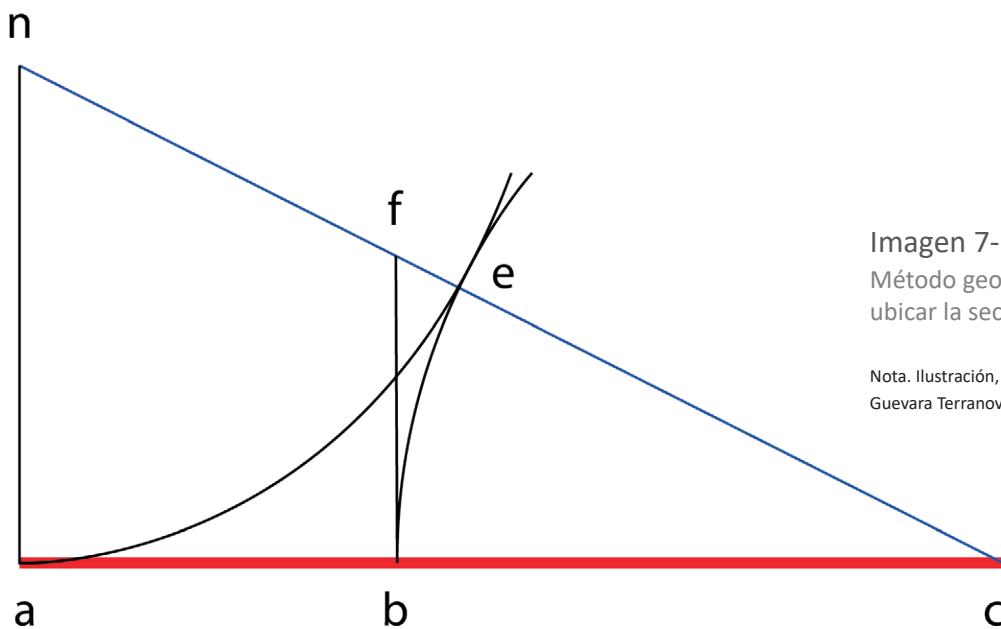


Imagen 7-23
Método geométrico para
ubicar la sección áurea.

Nota. Ilustración, 2020.
Guevara Terranova Laura Valeria.

Guevara (2010) describe el método geométrico, que se muestra en la imagen 7-23, para encontrar la sección áurea de una recta:

1. La línea AC, es la que se quiere dividir por la sección áurea.
2. Por el punto A, se coloca una perpendicular AN, que mide la mitad de la longitud de AC.
3. Se traza la diagonal NC.
4. Con centro en N y con radio NA, se traza el arco AE que corte a NC.
5. Con centro en C y con radio CE, se traza el arco hasta cortar AC por el punto B.
6. El punto B es la sección áurea de AC.
7. Al trazar una perpendicular por el punto B y que corte a la línea NC en el punto F, se tendrá la sección áurea de la línea NC.

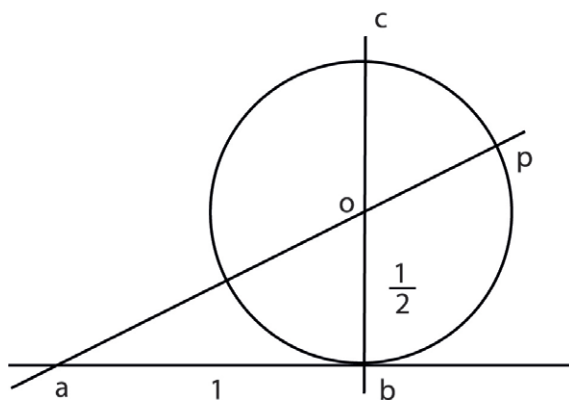


Imagen 7-24
Construcción de segmento áureo.

Nota. Ilustración, 2020.
Guevara Terranova Laura Valeria.

Blanco (2020) propone el procedimiento que se muestra en la imagen 7-24.

Los segmentos AB y BC son perpendiculares e iguales a la unidad. Con centro en O, se traza la circunferencia de radio $1/2$. Finalmente, uniendo A con O y prolongando se obtiene P. La longitud AP es la proporción áurea con respecto de AB.

El punto dorado

El punto dorado en un rectángulo dorado se encuentra en el cruce de las secciones áureas de la base y de la altura del formato.

Ese punto dorado se ha utilizado para ubicar elementos fundamentales que se quieren destacar en la composición eurítmica o en un artefacto. Se ha dicho que si un artefacto se configura con base en las proporciones áureas, en el rectángulo dorado y en el punto dorado, se percibe con buena forma.

Este argumento, es recurrente en el diseño y ha sido una convención que se ha difundido desde su descubrimiento. Es evidente que la percepción de la buena o mala forma se da al interior de cada individuo y no depende del estímulo artefactual que observe, pues la apreciación de belleza es individual; es posible que un individuo perciba como agradables los artefactos configurados con estos principios, pero otros individuos lo puedan percibir como falta de estética. Es preferible, y se posiciona mejor en la percepción individual, un artefacto eurítmico que un artefacto deseuritmico.

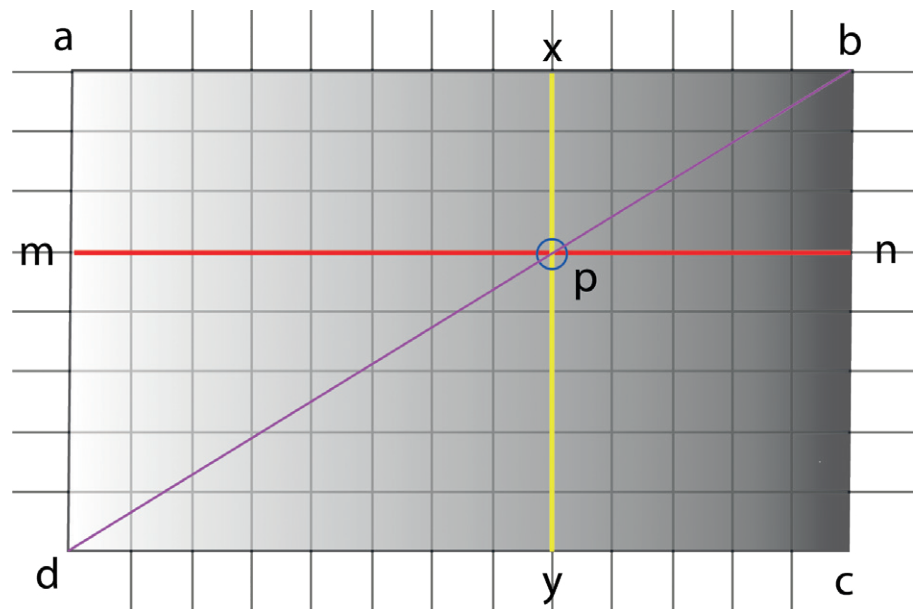


Imagen 7-25
Punto dorado.

Nota. Ilustración, 2020.
Guevara Terranova Laura Valeria.

La imagen 7-25 muestra la ubicación del punto dorado, que se obtiene por el cruce de las secciones áureas de la base y de la altura del rectángulo ABCD.

De esta subdivisión geométrica del formato base, se derivan otros formatos y consideraciones interesantes de análisis:

- MN es la sección áurea horizontal.
- XY es la sección áurea vertical.
- P es el punto dorado.
- MPYD es un rectángulo dorado.
- PNCY es un cuadrado.
- XBNP es un rectángulo dorado.
- AXPM es un rectángulo compuesto por un rectángulo dorado, en yuxtaposición o toque por una arista con un cuadrado.
- La diagonal DP pasa por el punto dorado.

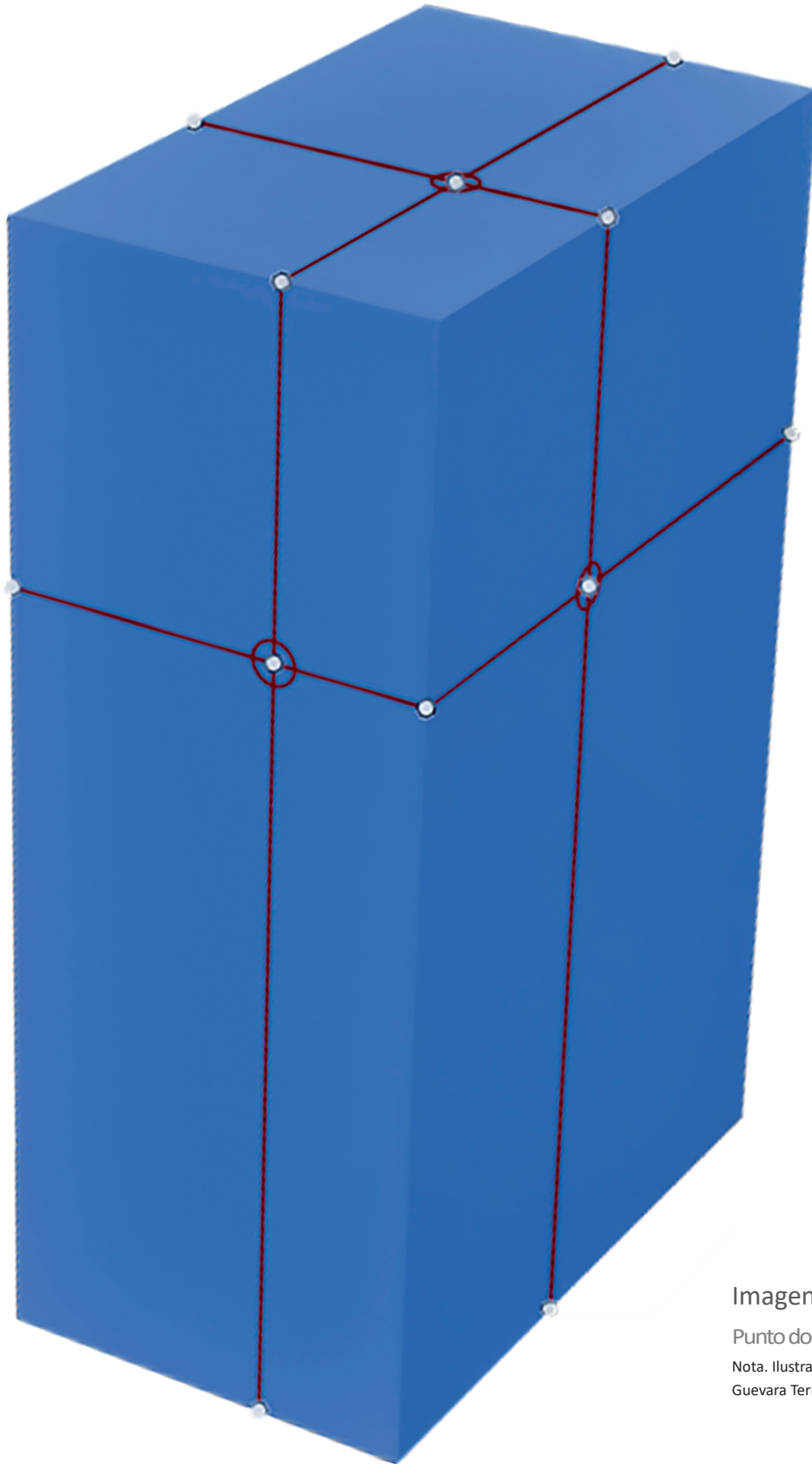


Imagen 7-26

Punto dorado en tres dimensiones .

Nota. Ilustración, 2020.

Guevara Terranova Laura Valeria.

Un artefacto se puede configurar considerando los puntos dorados en todas sus facetas poligonales.

Derivaciones del rectángulo dorado

Del rectángulo dorado, se derivan diferentes formatos para aplicar en alternativas de configuración bidimensional y tridimensional. Los formatos obtenidos y las subdivisiones internas conservan de manera equivalente las proporciones áureas.

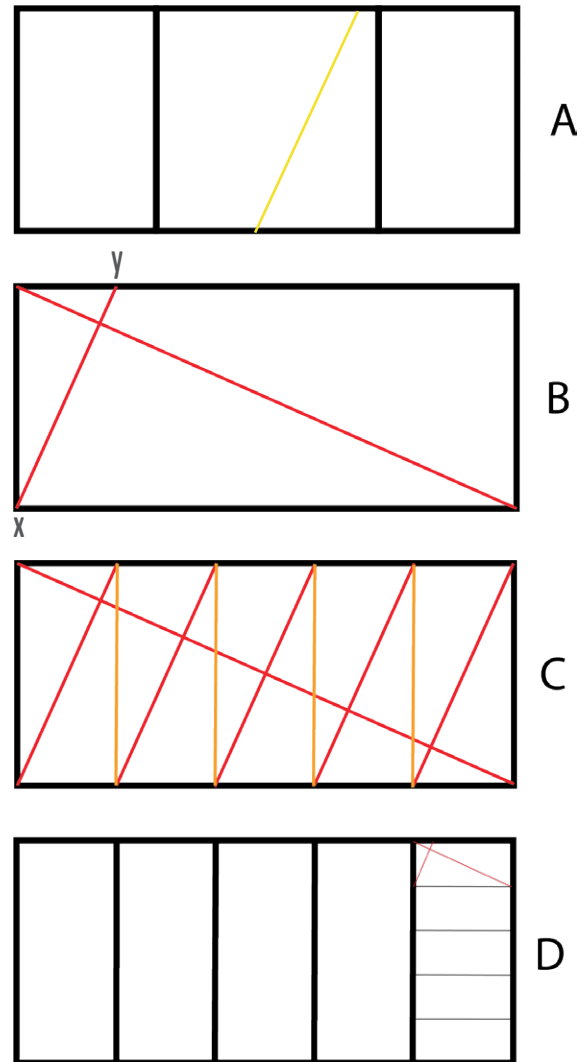


Imagen 7-27
Derivación del
rectángulo dorado.

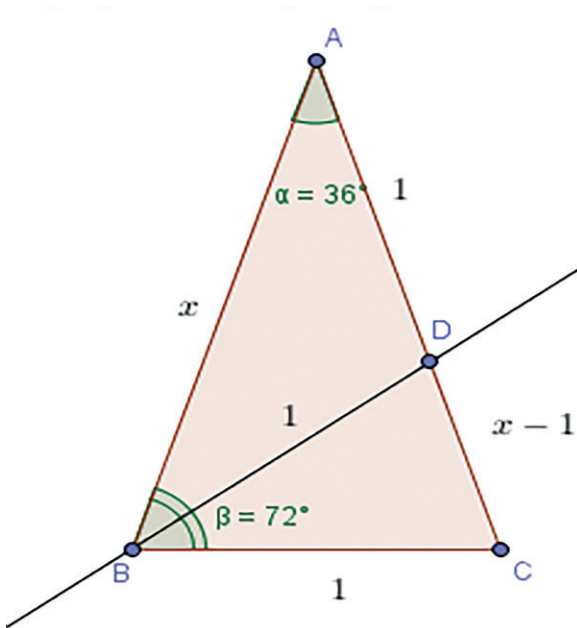
Nota. Ilustración, 2020.
Guevara Terranova Laura Valeria.

En la imagen 7-27 se observa una singular derivación:

- En A se observa adyacente a un rectángulo dorado, cuya base menor es la sección áurea de otro rectángulo dorado, que se ha construido geoméricamente con el método del cuadrado.
- En B, al rectángulo obtenido se le ha trazado la diagonal y otra línea perpendicular a la anterior (XY), que corta a un lado del rectángulo, extendiéndose hasta un vértice.
- En C, por el punto de corte con el lado con la línea XY, se traza una perpendicular al lado del rectángulo y que corte el lado opuesto, luego se trazan paralelas a XY, repitiendo el procedimiento.
- En D se observa que el rectángulo inicial se ha dividido en 5 rectángulos derivados, que son proporcionales, en los que se puede iterar el mismo procedimiento.

El triángulo áureo

Un triángulo áureo es un triángulo isósceles en el que la longitud de cada lado igual guarda proporciones áureas con el lado restante.

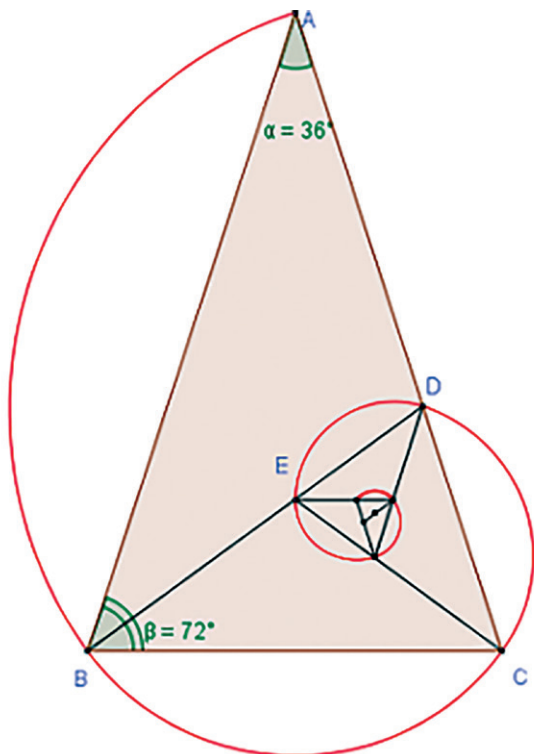


La imagen 7-28 muestra un triángulo áureo:

- Se traza la bisectriz BD del ángulo B.
- Los triángulos ABC y BCD son semejantes.
- Por semejanza, se deduce la proporcionalidad geométrica: $AB/BC = BC/DC$.
- El punto D es la sección áurea de AC.
- BC y AD tienen la misma longitud.
- AB es igual a AC.
- Este rectángulo áureo se encuentra en un pentágono regular, el ángulo menor es de 36 grados (Ver imagen 7-30).

Imagen 7-28

Triángulo áureo. Nota. Ilustración, 2020. Guevara Terranova Laura Valeria.



La imagen 7-29 muestra una espiral con base en los triángulos áureos:

- Los vértices A y B equidistan del punto D, que se toma como el centro de una circunferencia que pasa por los vértices A y B. Así se obtiene el arco de circunferencia AB. Del mismo modo, con centro en el punto E, se traza el arco de circunferencia BC. El procedimiento se itera hasta el infinito.
- La espiral construida con este procedimiento iterativo se conoce como equiangular.

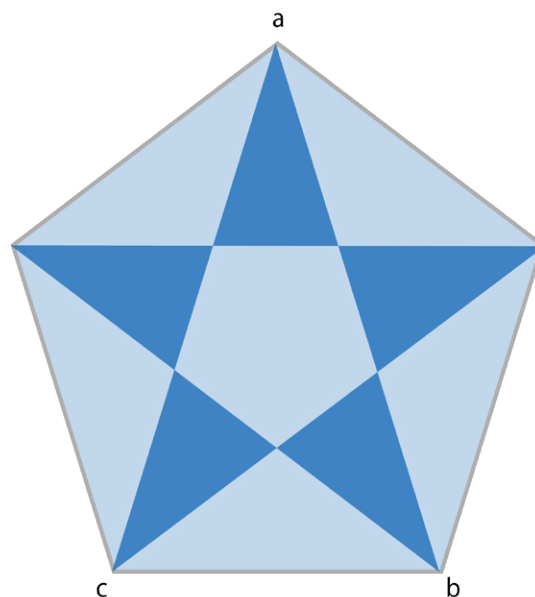
Imagen 7-29

Espiral en un triángulo áureo.

Nota. Ilustración, 2020. Guevara Terranova Laura Valeria.

Imagen 7-30

Pentagrama.

Nota. Ilustración, 2020.
Guevara Terranova Laura Valeria.

La imagen 7-30 muestra un pentágono regular que tiene inscrita una estrella que se conoce como pentagrama. El triángulo ABC es áureo; cada triángulo que está en toque con cada lado del pentágono interno también es áureo. Los lados de cada pentágono y las longitudes, de cada lado igual de los triángulos, son proporcionales.

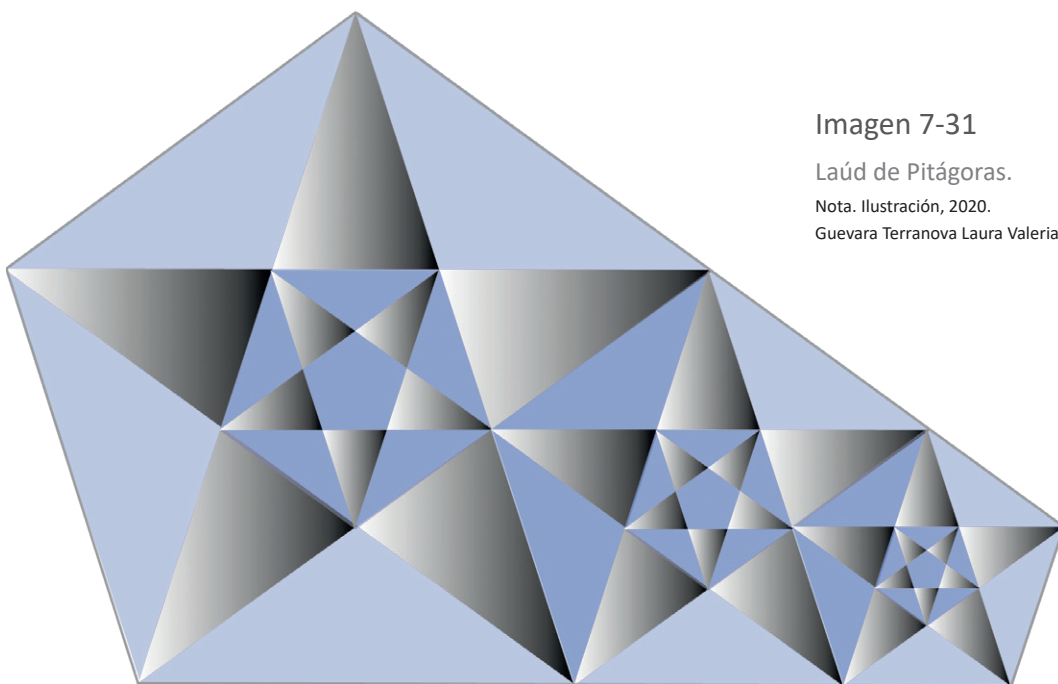


Imagen 7-31

Laúd de Pitágoras.

Nota. Ilustración, 2020.
Guevara Terranova Laura Valeria.

La imagen 7-31 muestra una composición con un pentagrama que tiene inscrito otro pentagrama; a la derecha se ha ubicado otro pentagrama proporcional a los primeros, y la iteración se repite nuevamente, esto se puede escalar con ampliación o reducción hasta el infinito. Este interesante arreglo se conoce como el laúd de Pitágoras, pues las líneas de cada triángulo áureo decrecen como las cuerdas de un laúd, y porque fue Pitágoras quien lo propuso.

El Hombre de Vitruvio

En imaginario (2020) afirman que se conoce como Hombre de Vitruvio a un dibujo elaborado por el pintor renacentista Leonardo da Vinci, basado en el trabajo del arquitecto romano Marco Vitruvio Polión. Sobre una superficie total de 34,4 cm x 25,5 cm, Leonardo representa a un hombre con brazos y piernas extendidos en dos posiciones, enmarcado dentro de un cuadrado y un círculo.

Artistas y matemáticos, en el transcurso de la historia, han tratado de elaborar un esquema de las proporciones humanas, entre ellos Policleto, quien propuso un canon de siete cabezas, Vitruvio, Leonardo da Vinci y Alberto Durero. El módulo base siempre fue el mismo, es decir, se tomó como referencia la altura de la cabeza, la cual, en un esquema proporcional ideal, se repite ocho veces en la altura del cuerpo, el punto dorado se encuentra a la altura del ombligo, las proporciones áureas también se mantienen en las falanges de los dedos de las manos. La cabeza y la cara, de frente o de perfil, también mantienen proporciones áureas.

Leonardo da Vinci propuso un patrón proporcional, ubicando al cuerpo humano con los brazos extendidos, observando que de esta manera se enmarca en un cuadrado. Si se levantan los brazos y apartan las piernas, entonces el cuerpo humano queda inscrito en un círculo.

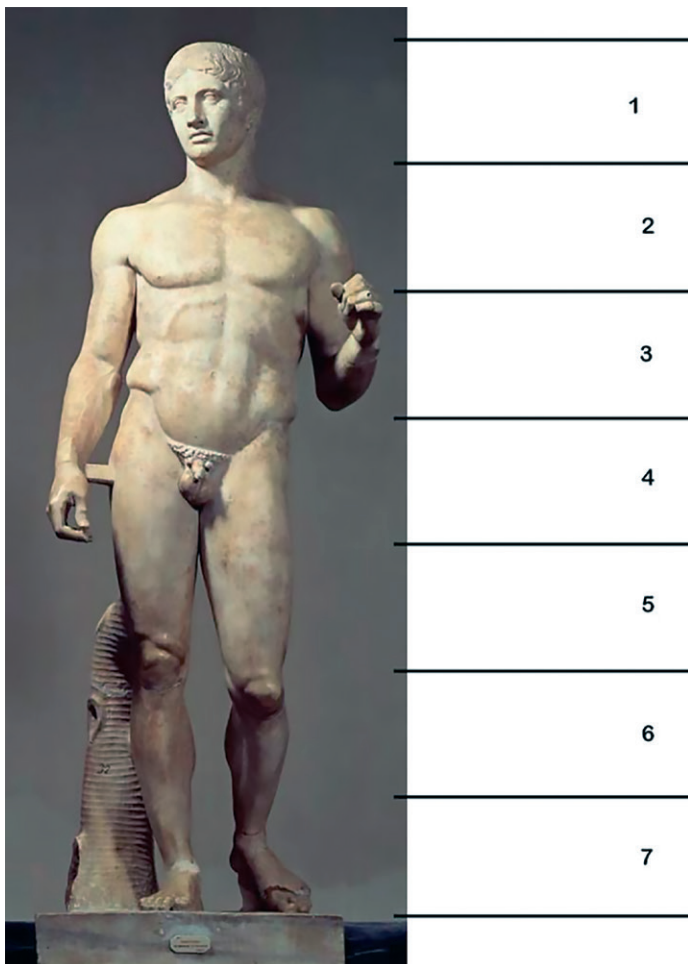


Imagen 7-32

Canon de Policleto.

Nota. Adaptado de Zarza, 2020, <https://www.leticiazarza.com/2015/05/ejercicios-del-cuerpo-humano/>

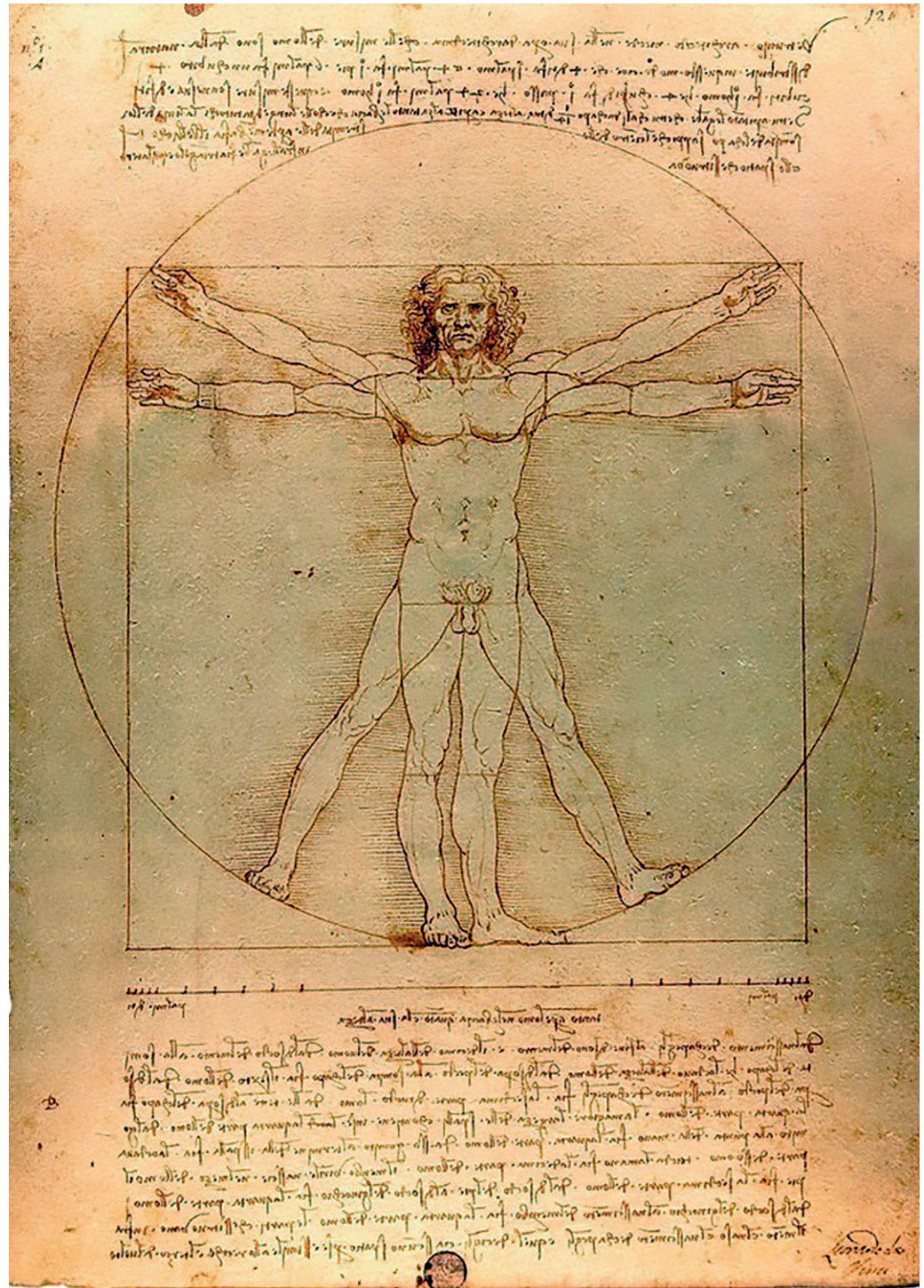


Imagen 7-33 Método geométrico para ubicar la sección áurea.

Nota. Adaptado de Culturagenial, 2020, <https://www.culturagenial.com/es/hombre-de-vitruvio-leonardo-da-vinci/>

Leonardo da Vinci modeló la antropometría con base en la escala y las proporciones áureas de todas las partes del cuerpo humano.



El Modulor

El término “Modulor” proviene de un sistema de medidas detallado por Le Corbusier y publicado en el libro llamado *Le Modulor*.

Una motivación inicial de Le Corbusier para proponer el Modulor, fue establecer una relación entre las medidas del hombre y los habitáculos que proyecta, y el otro motivo consistió en la necesidad de unir en un sistema estándar el sistema imperial basado en pies y pulgadas con el sistema métrico decimal.

La base del Modulor es la altura de un hombre de pie, medida con el brazo levantado y la mano extendida, propuesta con base en la estatura promedio de un hombre de 1,75 m.

Vera (1953) manifiesta que para definir las alturas de las proporciones en el Modulor, Le Corbusier determinó dos alturas, una para la serie azul (2,260 m.), que es la altura de una persona con el brazo levantado, y otra para la serie roja que es la estatura de una persona promedio. De esta base fue dividiendo las alturas con el número áureo, hasta ir encontrando medias ideales para cada parte del cuerpo.

Por ejemplo, para la serie azul se divide 2,260 (la altura del brazo levantado) entre 1,6180 (el número áureo) y se obtiene como resultado 1,397 metros, que corresponde a la altura del plexo solar. Esta nueva medida se divide entre el número áureo y se obtiene 0,863 metros de altura, que es lo que podría ser la altura de un barandal. Para la serie roja se parte de la altura de la persona, 1,75 m y se divide entre el número áureo y se obtiene 1,081 m, que es la altura aproximada, según Le Corbusier, del ombligo o de los codos, la cual podría servir como la altura ideal para una barda. Si se divide este número entre el número áureo, se puede obtener el número 0,66 metros, que puede servir para un asiento o un banco.

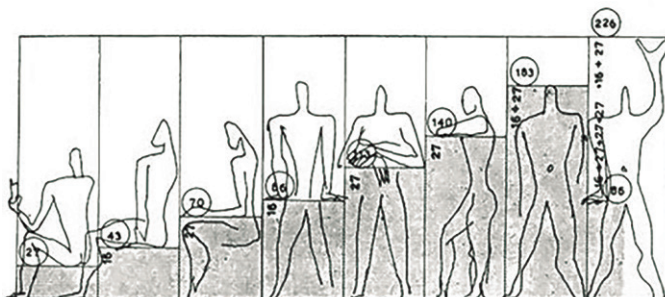
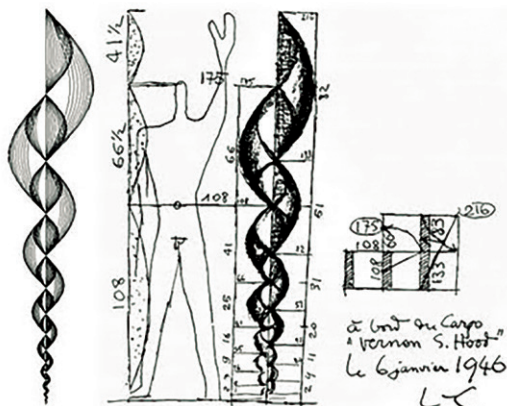


Imagen 7-34

El Modulor.

Nota. Adaptado de El Modulor, 2020, <https://sites.google.com/site/lartedivina/a-l-architettura-ed-i-rettangoli-aurei/il-modulor-di-le-corbusier>

Regla de los tercios

La regla de los tercios es un medio simple de aproximación a la proporción áurea, consiste en dividir un formato rectangular en nueve regiones iguales por medio de dos líneas verticales y dos líneas horizontales, el cruce de estas líneas se aproxima al punto dorado del formato.

La regla de los tercios se utiliza para diagramar una composición con una retícula que se ha generado por la repetición de nueve celdas rectangulares que no son necesariamente rectángulos dorados o rectángulos armónicos.

Los puntos donde las líneas horizontales y verticales se cruzan se llaman puntos de interés, y es ahí en donde se ubican los elementos eurítmicos que se quiere resaltar.



Imagen 7-35
Regla o ley de los tercios.

Nota. Adaptado de El Modulor, 2020, https://www.nikoncenter.cl/productos/zseries_cam.php?sec=zseries&cam=4&name=z6&kit=11

La imagen 7-34 de la cámara digital se ha enmarcado en un rectángulo que se ha dividido mediante la regla de los tercios. En la composición se ha utilizado la región central para resaltar el accesorio de acople de los lentes.

El *display* del visor le permite al fotógrafo realizar la captura de la imagen y la composición fotográfica por la regla de los tercios.

El rectángulo estándar de captura en imagen es 36x24 mm con una relación de aspecto de 3:2 o, lo que es lo mismo, $a/b=1,5$; por lo tanto, esto no corresponde con las proporciones áureas. El cuerpo de la cámara también se ha configurado con la constante proporcional 1:5.

Antropometría y ergonomía

La antropometría es la ciencia de la medición de las dimensiones y algunas características físicas del cuerpo humano. Esta ciencia permite medir longitudes, anchos, grosores, circunferencias, volúmenes, centros de gravedad y masas de diversas partes del cuerpo, las cuales tienen diversas aplicaciones en diseño de artefactos.

Existe la antropometría estática y la dinámica. La estática mide al cuerpo mientras este se encuentra fijo en una posición, permitiendo medir el esqueleto entre puntos anatómicos específicos, por ejemplo, el largo del brazo medido entre el acromio y el codo. Las aplicaciones de este tipo de antropometría permiten el diseño con base en percentiles de una población determinada por variables como la edad y las posturas. La antropometría dinámica o funcional corresponde a la tomada cuando el cuerpo está en movimiento, reconociendo que el alcance real de una persona con el brazo no corresponde solo a la longitud del mismo, sino al alcance adicional proporcionado por el movimiento del hombro y tronco cuando un trabajador realiza una tarea, esto determina los alcances y limitaciones de la postura en movimiento.

La antropometría se relaciona con la ergonomía, que es la que permite crear sistemas simbióticos entre los artefactos y los seres humanos, de tal forma que los artefactos se ideen con base en los alcances, limitaciones y sistemas perceptuales humanos.

La ergonomía, la antropometría y los principios eurítmicos permiten que los artefactos se conciban con alta calidad funcional, en donde lo importante es en confort del usuario.

Villareal (2020, p. 4) argumenta que la ergonomía para el diseño industrial se enfoca a la relación hombre–objeto cuando el hombre utiliza el objeto o producto como una actividad determinada. El diseño industrial, se ocupa de adaptar los objetos al hombre en lugar de viceversa, con la finalidad de elevar el rendimiento del ser humano, por lo que los factores que intervienen para esta causa pueden resumirse en 4 principales.

1. Factores inherentes al objeto: dimensiones del producto, distribución de los elementos de indicación y de mando.
2. Factores inherentes al operario: estatura, habilidad, capacidad de aprendizaje, capacidad de reacción, memoria, edad.
3. Factores inherentes al proceso de trabajo: grado de dificultad, volumen del trabajo, monotonía, causas de estrés.
4. Factores inherentes al ambiente: ruidos, vibraciones, polvo presente en el aire, humedad en el aire, temperatura, iluminación, ventilación, presión del aire.

La ergonomía cognitiva es definida por Sáens (2005, p. 39) como <<los procesos derivados de la actividad mental de los individuos a través de las funciones perceptivas de la memoria, la conducta, el aprendizaje, la decisión, la selección de respuestas y la interpretación de información>>; esto permite que los artefactos se diseñen sin errores de interfaz, fáciles de comprender y usables. La usabilidad, derivada de la ergonomía, procura la efectividad, la eficiencia y la satisfacción en el contexto de uso de los artefactos.

La usabilidad de los artefactos se evidencia cuando el proceso proyectual se ha centrado en el usuario, es decir, enfatizando en la necesidad de identificar y especificar los requerimientos ergonómicos cognitivos, para proponer artefactos de alta calidad estética y funcional.



Imagen 7-36

Flexita. Ely Rozenberg.

Nota. Adaptado de Yankodesign, 2020, <https://www.yankodesign.com/2012/11/09/are-you-flexible-to-grate/>

Flexita es una propuesta ganadora del Premio Red Dot 2012.

Rozenberg (2012) define este artefacto como una sencilla herramienta de cocina que facilita mucho el rallado de alimentos. Se transforma de dos a tres dimensiones y es eficiente para limpiar y almacenar. Simplemente se aplana cuando no está en uso y se amolda en un agarre práctico cuando es necesario. Hecho a mano de acero armónico, el metal que tiene una 'memoria' y vuelve a su forma plana original después de doblar.

Los artefactos de diseño industrial se configuran con base en los alcances y limitaciones de los seres humanos, que como valor agregado generan confort y eficiencia.

Imagen 7-37

Vinay Somashekar.

Nota. Adaptado de Yankodesign, 2020, <https://www.yankodesign.com/2012/11/09/are-you-flexible-to-grate/>



La somatografía (representación esquemática del hombre), establece una relación de escala y proporción entre ser humano y artefacto.



Card.



Macbook.

Imagen 7-38 Nota.Imagen 7-38. Adaptado de Apple, 2020, Fuente: www.apple.com

Los artefactos de Apple son de altísima complejidad formal estética y funcional, las formas se han concebido con base en las proporciones áureas y derivaciones del rectángulo dorado.



iPhone.



Empaque.

Imagen 7-39

Nota. Ilustración, 2022.
Guevara Terranova Laura Valeria.



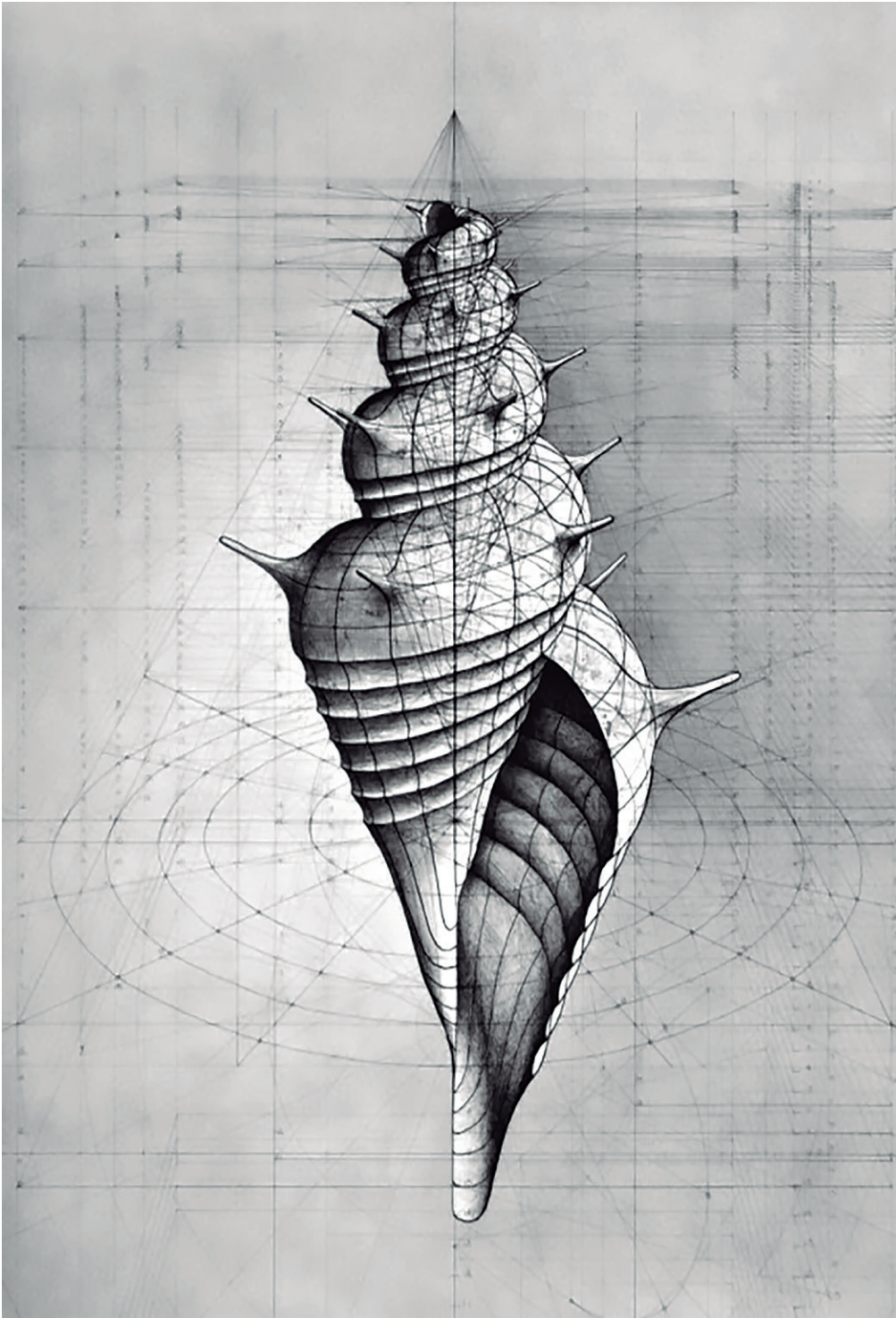


Imagen 7-40
Caracola. Rafael Araújo.

Nota. Adaptado de Yankodesign, 2020, https://www.domestika.org/es/blog/505-rafael-araujo-ilustraciones-matematicamente-perfectas?utm_source=facebook.com&utm_medium=referral&utm_content=post_blog&utm_campaign=nader_sharaf_blog

Ilustración de una forma natural con base en las proporciones áureas; Araújo, al igual que Escher, solamente utiliza para sus dibujos regla, lápiz y compás.



Imagen 7-41

Botella con perfume.

Nota. Adaptado de Yankodesign, 2020, <http://www.allwhitebackground.com/images/2/2026.jpg>

La buena forma del envase del perfume de Coco Chanel se ha logrado por la distribución eurítmica con proporciones áureas.





Imagen 7-42

NOS Design.
Ha creado un cuchillo
multiherramienta para
chefs; es un artefacto
ergonómico que se
adapta a la antropometría
de la mano.

Nota. Adaptado de Nos design, 2020, <https://www.yankodesign.com/2021/01/02/this-knife-multi-tool-is-made-for-chefs-who-like-be-equipped-even-on-adventure-trips/>



Imagen 7-43

Cinta para correr. Sprintbok. Nota. Adaptado de Babybjorn, 2020, <https://www.babybjorn.eu/?country=global>

NorHrD (2020) describe a Sprintbok como una cinta para correr, es curvada y de accionamiento con la energía del usuario, está fabricada con madera maciza no tiene ajustes ni componentes electrónicos sofisticados para que salgas a correr en interiores. Más bien, utiliza listones de madera flexibles e ingeniería de cojinetes de bolas para un movimiento de carrera natural que en realidad es impulsado por las piernas del usuario. Se siente como si estuviera corriendo en un bosque y el bajo nivel de ruido lo hace ideal para un ambiente de apartamento. Puedes correr tan rápido como puedas o tan lento como desees en el Sprintbok, así de simple.

El artefacto se ha configurado con base en los alcances y limitaciones de los seres humanos, es una innovación resultado del diseño centrado en el usuario, en la ergonomía cognitiva y en los principios de usabilidad. El sistema hombre-máquina confiere una alta calidad estética y la pregnancia de su función se intuye por la recreación del trote en terreno abierto.



Imagen 7-44

Escultura agustiniana.

Nota. Fotografía, 2020. Guevara Terranova Laura Valeria.

Nuestros ancestros de la cultura de San Agustín plasmaron su cultura material en las esculturas líticas, sin embargo, las proporciones de la figura humana no guardan relación con los cánones modernos del diseño. En estas obras se refleja un tratamiento formal que denota un conocimiento racional de los principios del diseño para configuración, logrando así productos con identidad propios de un grupo étnico.



Imagen 7-45

En las proporciones de formas naturales, se observa la espiral logarítmica.

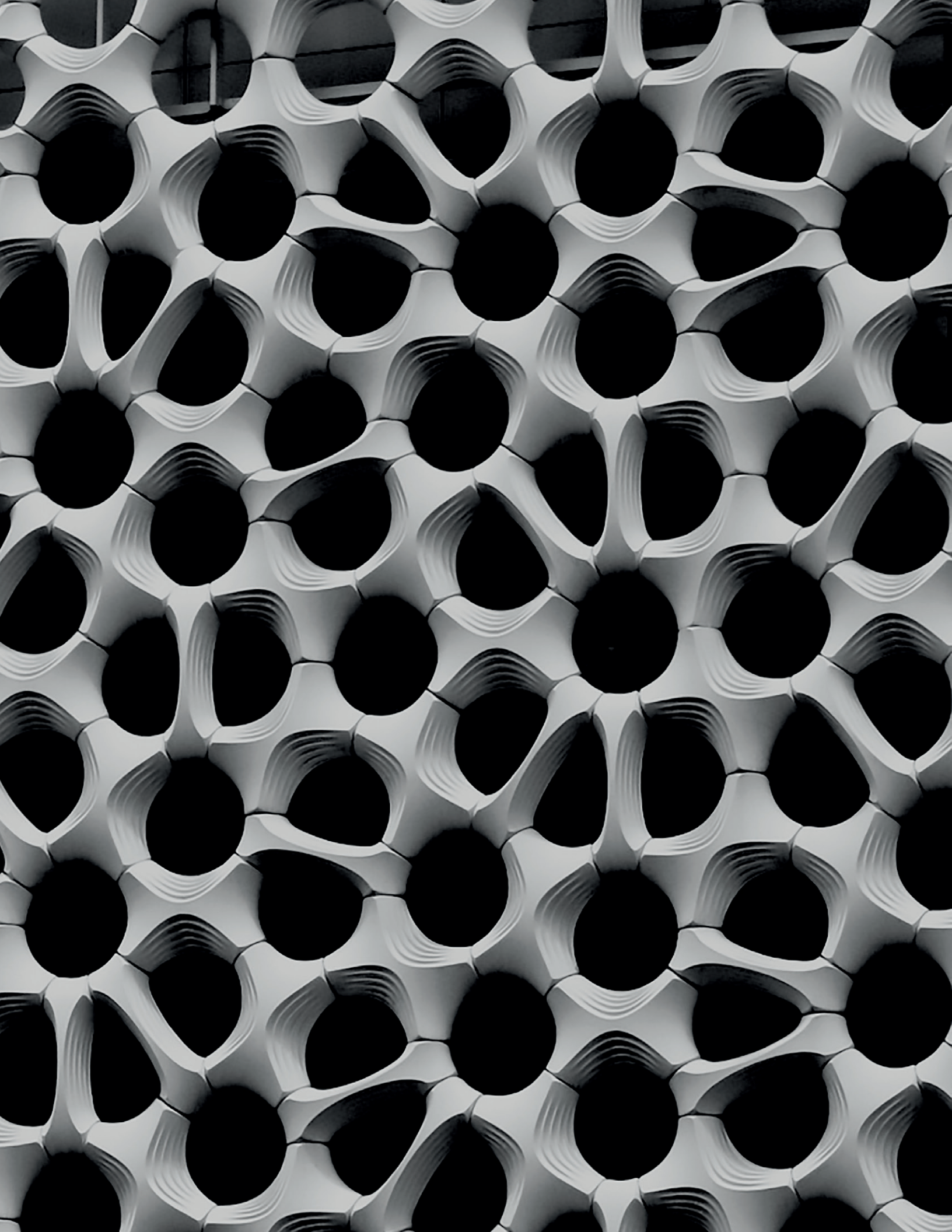
El formato de la imagen es un rectángulo dorado.

Nota. Motaje digital, 2020. Guevara Terranova Laura Valeria.

Referencias y fuentes bibliográficas

- Andrea, I. (2020). *El hombre de Vitruvio de Leonardo da Vinci*. Cultura Genial. <https://www.culturagenial.com/es/hombre-de-vitruvio-leonardo-da-vinci/>
- Blanco González, J. (2020). Construcción de un segmento áureo según Euclides [Figura]. Wikipedia. https://es.wikipedia.org/wiki/N%C3%BAmero_%C3%A1ureo#/media/Archivo:Euclides_construcci%C3%B3n_del_n%C3%BAmero_%C3%A1ureo.png
- Castillo Serrano, S. (2020). Serie ANSI para papel [Figura]. Sebastián Castillo Serrano, Arquitecto. <https://scsarquitecto.cl/serie-ansi-papel/#>
- Cervera Zafra, C. (2017). *Problemas y aplicaciones de sucesiones recurrentes* [Tesis de maestría, Universidad de Granada]. Universidad de Granada. <http://www.ugr.es/~anillos/textos/pdf/2017/PyA.SucesionesRecurrentes.pdf>
- Consuegra, D. (1992). *En busca del cuadrado*. Ediciones Universidad Nacional de Colombia.
- Encycolorpedia. (2020). Rojo Ferrary [Fotografía]. [https://encycolorpedia.es/cc0000#:~:text=El%20color%20rosso%20corsa%20\(rojo,verde%20y%200%25%20de%20azul](https://encycolorpedia.es/cc0000#:~:text=El%20color%20rosso%20corsa%20(rojo,verde%20y%200%25%20de%20azul)
- Equipo Editorial, Etecé. (2021). *Proporción*. Concepto.de. <https://concepto.de/proporcion/>
- Guevara, E. (2010). Diseño industrial. *Conceptos para construcción de la forma*. Ediciones Universidad Industrial de Santander.
- Pérez Porto, J. y Merino, M. (2015). *Definición de proporción*. Definicion.de. <https://definicion.de/proporcion/>
- Real Academia Española: Diccionario de la lengua española, 23.ª ed., (s.f.). *Definición de proporción*. <https://dle.rae.es/proporci%C3%B3n>
- Reyes Iglesias, M. (2008). *Geometría con el hexágono y el octógono*. Proyecto Sur de Ediciones.
- Rodríguez, S. (2020). *¿Qué son la proporción y la escala?* Architectural Digest México y Latinoamérica. <https://www.admagazine.com/arquitectura/que-son-la-proporcion-y-escala-en-la-arquitectura-20200922-7473-articulos.html>
- Roldán Martínez, A. (2022). *Sucesiones*. Hojamat. <http://hojamat.es/publicaciones/sucesiones.pdf>
- Rozengerg, E. (2012). Flexita. Consultado: 22 dic de 2020 . Disponible en <https://www.yankodesign.com/2012/11/09/are-you-flexible-to-grate/>
- Sáenz Zapata, L. (2005). *Ergonomía y diseño de productos*. Editorial Universidad Pontificia Bolivariana
- Significados. (2020). *Significado de Semejanza*. <https://www.significados.com/semejanza>
- Villarreal, C. (2020). *La ergonomía es parte del proceso de diseño industrial*. Sociedad de Ergonomistas de México, A.C. <http://semac.org.mx/archivos/5-4.pdf>





Capítulo

8

Recursos para configuración artefactual

Imagen 8.0.
Nota. Estructura reticular, 2020. Guevara Terranova Laura Valeria.



En los capítulos anteriores se trataron conceptos fundamentales para la configuración artefactual, que eventualmente puede connotar buena forma, sin embargo, son los recursos del diseño los principios que permiten configurar de manera controlada, derivando en distribuciones eurítmicas tanto en el plano como en el espacio.

Repetición

La repetición es un recurso frecuente que se utiliza en la configuración, consiste en ubicar en una composición la misma forma más de una vez. En una composición con repetición se aprecian formas o patrones que se iteran bien sea en el plano o en el espacio.

La repetición de formas puede derivar en retículas como la cuadrícula, que es una configuración plana construida con celdas cuadradas.

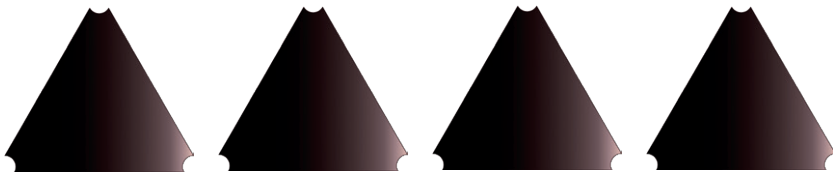


Imagen 8-1
Repetición de formas
con ritmo simple.

Nota. Ilustración, 2020.
Guevara Terranova Laura Valeria.

En la imagen 8-1 se observa una composición en la que se ha ubicado cuatro formas en repetición, cada forma es igual a las otras, y los elementos visuales como el tamaño, el color y la textura son los mismos.

El concepto de repetición está directamente relacionado con el de **ritmo simple**, el que consiste en la distribución de una forma o de un grupo de formas, las que comparten atributos como la dirección, la posición y el tamaño.



Imagen 8-2
Repetición de formas con ritmo alternado.

Nota. Ilustración, 2020. Guevara Terranova Laura Valeria.

La imagen 8-2 muestra una forma que se repite en la composición, pero la dirección y los elementos visuales de cada forma son distintos; nótese que cada forma tiene la misma configuración de las formas agrupadas, derivando en una propuesta fractal con autosimilitud.

Una composición con ritmo simple se puede convertir en una con **ritmo alternado**, solamente con variar sutilmente los atributos de cada forma.

La gradación de tamaño es un concepto de repetición de forma, con invarianza de escala, está directamente relacionado con el principio de coherencia formal denominado **homeomorfía**, que consiste en la repetición de formas idénticas a escalas diferentes y con un factor proporcional de crecimiento o de decrecimiento; esto se puede dar tanto en el plano como en el espacio.

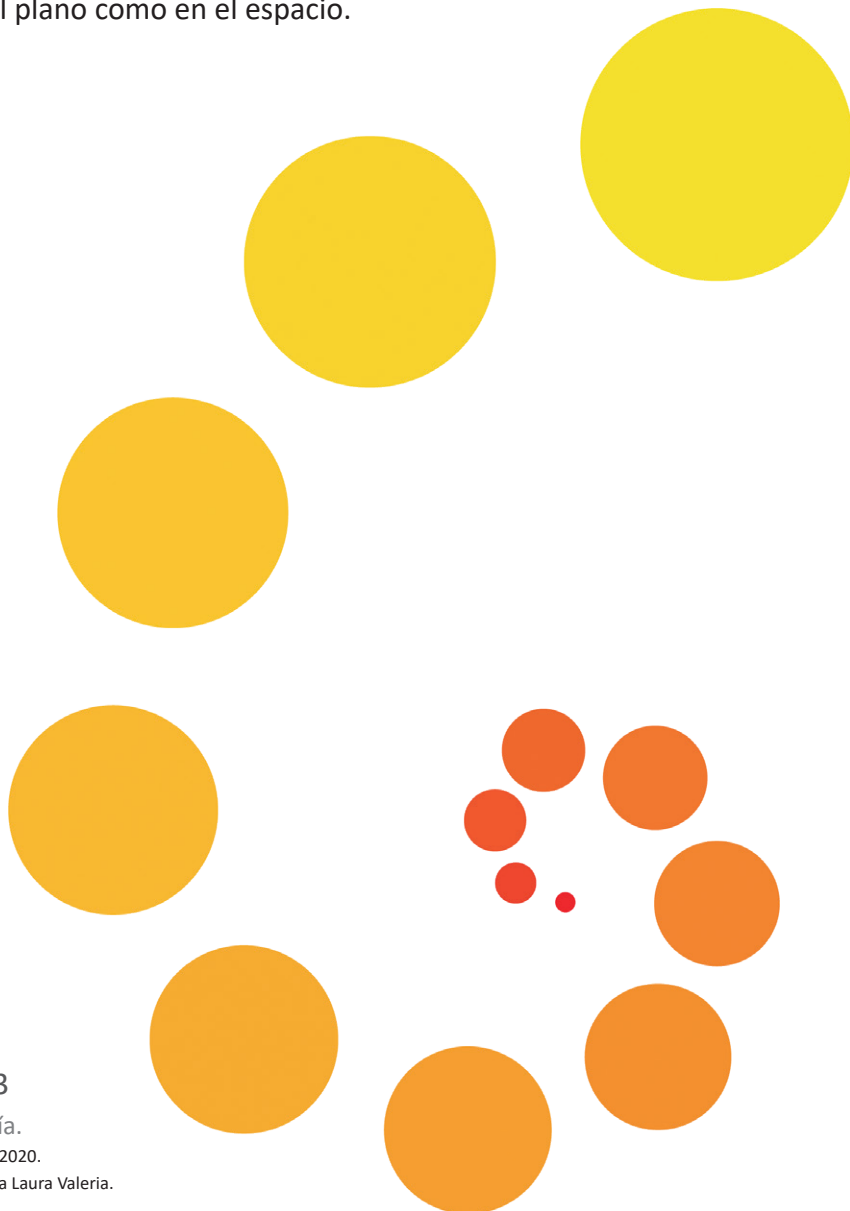


Imagen 8.3

Homeomorfía.

Nota. Ilustración, 2020.

Guevara Terranova Laura Valeria.

La imagen 8-3 muestra una composición en la que se ha utilizado como recurso principal la repetición de forma con gradación de tamaño, es decir, la homeomorfía con ritmo alternado.

Las formas circulares se han emplazado en una retícula base, que es la espiral de Fibonacci, y van decreciendo proporcionalmente, al igual que el distanciamiento, que es directamente proporcional al tamaño; entre menor es el diámetro de la forma circular, menor es el distanciamiento.

El tratamiento del color se ha propuesto con una gradación que va del amarillo al rojo, mostrando matices de la gama de colores cálidos.

Ritmo

Ya se dijo antes que el ritmo está relacionado con la repetición; es análogo al concepto de ritmo en música, el que consiste en la repetición de una estructura o celda rítmica.

Gruposwan (2020) propone que el ritmo, en música, puede definirse como la combinación armoniosa de sonidos, voces o frases, que incluyen las pausas, los silencios y los cortes necesarios para que resulte grato a los sentidos.

El ritmo musical se puede medir en compases:

- El compás binario consta de dos pulsos de igual duración, el primero fuerte y el segundo débil.
- El compás ternario consta de tres pulsos, el primero es fuerte y los otros dos débiles.
- El compás cuaternario consta de cuatro pulsos de los cuales el primero y el tercero son fuertes (siendo el primero más fuerte que el tercero), y el segundo y el cuarto, débiles.

Un ejemplo de ritmo en diseño, como lo propone Gillam (1970, p. 67) <<es la repetición de formas en una serie regular con igual intervalo o separación entre ellas; la repetición de tres formas idénticas es lo mínimo necesario para construir una serie con ritmo>>.

A

B

■	□	□	■	□	□	■	□	□	□	■	□	■	□	□	□
□	■	■	■	□	■	■	■	□	■	□	■	■	■	■	■
□	□	■	□	□	□	□	□	□	■	□	□	□	□	□	□
□	□	□	□	□	□	■	□	□	□	□	□	□	□	■	□
■	□	■	□	■	□	■	□	■	□	■	□	■	□	■	□

Imagen 8.4
Ritmo simple y ritmo alternado.

Nota. Ilustración, 2020.
Guevara Terranova Laura Valeria.

En la imagen 8-4 A, se muestra una partitura con el ritmo de son cubano, en donde las claves, el cencerro y los timbales se interpretan con ritmo alternado, en cambio, el pulso es constante y se ejecuta con ritmo simple. Sin embargo, si se repiten los cuatro compases, entonces esas celdas rítmicas que tienen ritmo alternado se convierten en ritmo simple por la repetición de la secuencia una y otra vez.

En la imagen 8-4 B, se observa una composición que se ha generado a manera de matriz con filas y columnas, tomando como referencia la partitura del ritmo de son cubano.

Cada *bit* audible se ha rellenado con un cuadrado de color negro. Esta estrategia creativa se puede utilizar para generar música en el sentido inverso, es decir, una imagen se puede desglosar en bits audibles y convertirla a notas de la escala cromática, bien sea en una composición melódica o en un conjunto armónico.

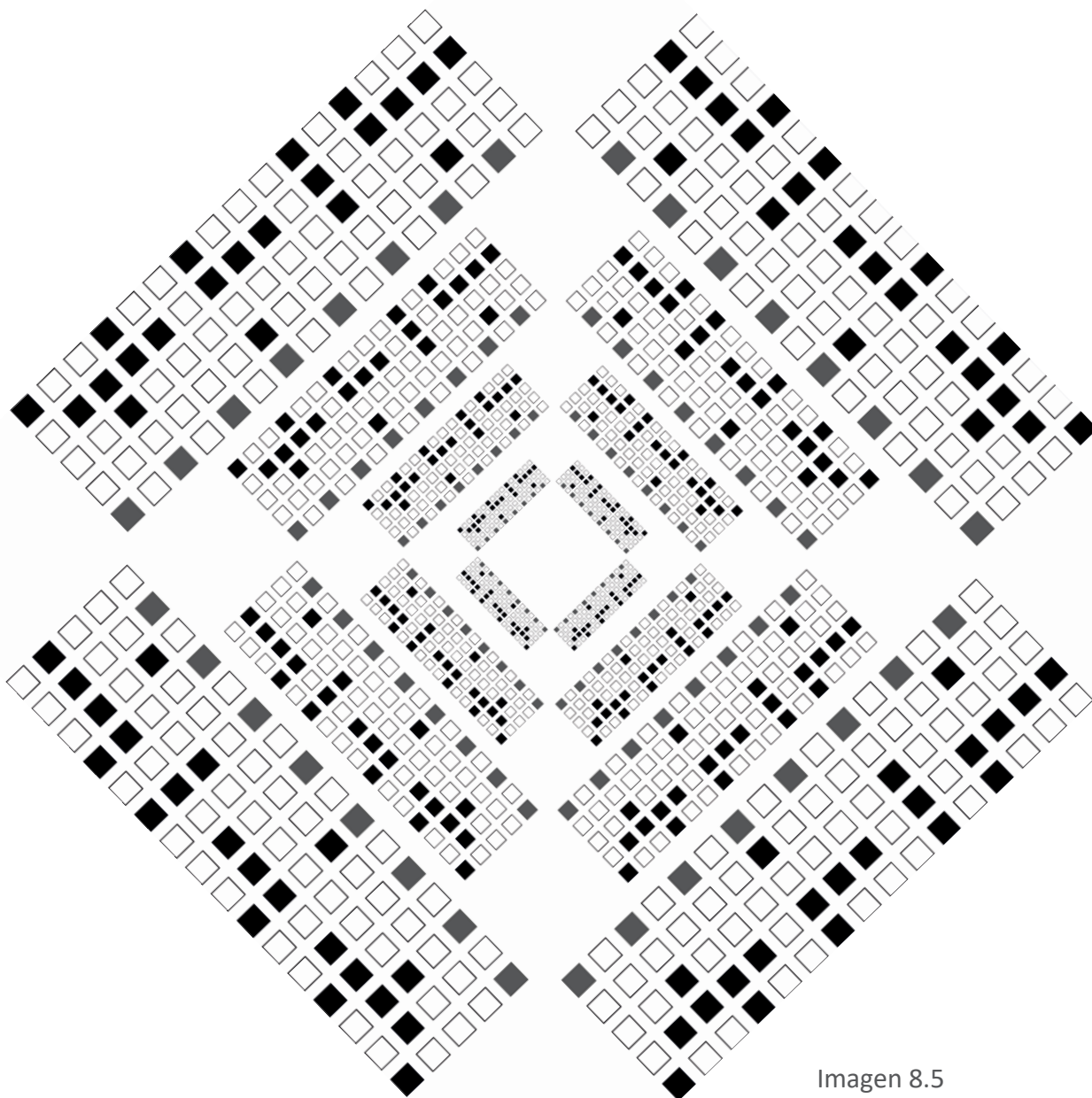


Imagen 8.5

Composición con ritmo simple y ritmo alternado.

Nota. Ilustración, 2020.
Guevara Terranova Laura Valeria.

En la imagen 8-5 se muestra una composición que se ha realizado con base en la representación gráfica bidimensional del ritmo de son cubano. Los recursos eurítmicos que se han utilizado permiten una pregnancia con ritmo simple, ritmo alternado, invarianza de escala, fractalidad, repetición de forma, simetría, radiación concéntrica, proporciones, homeomorfa y distribución reticular con distanciamiento.

Similitud

La similitud se percibe en un artefacto individual o relacionado con otros cuando en su configuración se utilizan módulos parecidos con elementos visuales uniformes, como el tamaño, la dirección y la posición en una retícula.

Cuando las formas se parecen entre sí, pero sin ser idénticas, se dice que son similares. Como en la catamorfía, son algunos rasgos comunes los que determinan la similitud, obviamente al hablar de similitud, se entiende que son varias formas las que se agrupan para formar un todo; el todo se puede percibir con mejor coherencia cuando las formas similares se construyen con uniformidad de tamaño, color, textura y posición. Guevara (2010, p. 169).

La similitud está directamente relacionada con la **catamorfía**, que es un concepto de coherencia formal, el que consiste en que la configuración coherente intraformal se da al interior de la forma y la coherencia interformal, que se logra cuando se relacionan familias de artefactos o sistemas interrelacionados.

Son las formas que se parecen sin ser repetidas las que determinan la catamorfía, que algunas veces se confunde con la uniformidad. La catamorfía es análoga a los integrantes de una familia (los Pérez), en donde se tiene diferentes individuos, con edades distintas, pero que conservan rasgos comunes que son producto de la genética. La uniformidad es la colección de artefactos que pertenecen a conjuntos o estilos diferentes con aspectos iguales, como los materiales de construcción y los acabados superficiales. La uniformidad se puede apreciar en un regimiento militar en donde hay diferentes individuos que usan el mismo camuflado.



Imagen 8-6

Similitud de formas naturales.

Nota. Adaptado de freepng, 2020, <https://www.freepng.es/hd-png/escarabajo.html>

La imagen 8-6 muestra un conjunto de formas naturales con similitud; los coleópteros tienen características biológicas y morfológicas comunes, predominando la simetría bilateral, es decir, la repetición de módulos por reflexión especular.



Imagen 8-7

Bicicletas Specialized.

Coherencia intra e inter formal por catamorfía.

Nota. Adaptado de Specialized, 2020, <https://www.specialized.com/>

El tratamiento de la forma de cada bicicleta se repite en otra; la catamorfía se da al interior de cada forma, es decir, que conserva una unidad y similitud en el tratamiento de las líneas, las superficies de transición y la ubicación de los elementos estructurales al interior de cada artefacto. También se obtiene catamorfía interformal cuando la similitud de configuración se presenta interrelacionada con otros artefactos del mismo conjunto, en este caso, bicicletas de la misma marca.



Imagen 8-8

Arne Jacobsen

Similitud formal por catamorfía.

Nota. Adaptado de Blohosteleria, 2020, www.blohosteleria.com
<http://cornersofthe20thcentury.blogspot.com/2013/08/arne-jacobsen-1902-1971.htm>

En el tratamiento formal del juego de cubiertos (Imagen 8-8) se ha utilizado el recurso de similitud formal y catamorfía. Se evidencia que tienen formas redondeadas similares, esto hace que los objetos, a pesar de tener formas diferentes, pertenezcan a un grupo o una familia.

La imagen 8-9 muestra un artefacto que se ha configurado con repetición de forma; las ruedas se convierten, en un mecanismo funcional, y en un elemento formal-estético a manera de módulo que se repite con ritmo simple, lo que a su vez forma un supermódulo.



Imagen 8-9

Repetición de forma en las ruedas de los patines.

Nota. Adaptado de Buyuviu, 2020, <https://buyuviu.com/28140-patin-patines-linea-22447324/>



Imagen 8-10

Poporo quimbaya.

Nota. Adaptado de Banrepcultural, 2020, <https://www.banrepcultural.org/noticias/celebramos-78-anos-de-la-adquisicion-del-poporo-quimbaya>

Los principios del diseño son universales y atemporales. El poporo quimbaya, configurado por orfebres precolombinos, evidencia la atemporalidad del diseño; en la composición tridimensional se ha utilizado el principio de repetición de formas esferadas, que se intersectan con troncos de cono, esas formas intersectadas se convierten en módulos que se repiten en una organización radial. En este artefacto utilitario, se utilizaron las formas básicas bi y tridimensionales.

El poporo quimbaya es un ícono del diseño ancestral de Colombia aborígen.

Transición y gradación

La transición es el cambio gradual de una forma a otra, con similitud entre formas adyacentes; es análogo al proceso de metamorfosis de una mariposa, que se puede observar en la imagen 8-11, al final del proceso se ha pasado de un huevo a una mariposa.

Imagen 8-11

Metamorfosis de la mariposa. Con gradual transición de forma.

Nota. Adaptado de mariposas.net, 2020, <https://mariposas.net/monarca/ciclo-de-vida/>



Toda forma puede ser gradualmente cambiada hasta convertirse en otra distinta, principio que también se conoce como **Gradación**.

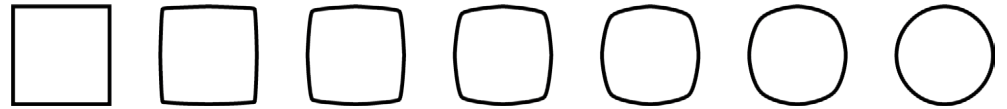


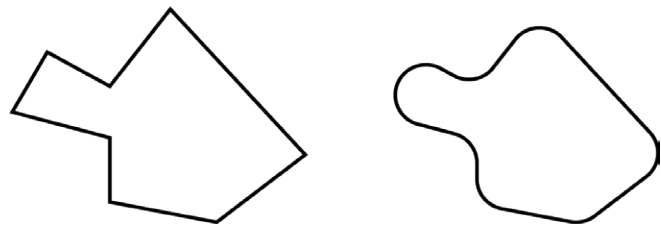
Imagen 8-12 Transición de forma. Nota. Ilustración, 2020. Guevara Terranova Laura Valeria.

En la imagen 8-12, las formas tienen similitud, en las posiciones adyacentes, de tamaño, posición y forma, pero al analizar detenidamente la secuencia, se evidencia que el cuadrado inicial solo conserva una similitud de tamaño y posición con el círculo final, esto nos permite afirmar que hay una transición o gradación paulatina de una forma a otra. La transición se realiza secuencialmente y las formas adyacentes guardan más similitud que las formas anexas.

Imagen 8-13

Transición al interior de la forma.

Nota. Ilustración, 2020. Guevara Terranova Laura Valeria.



La transición es un recurso muy utilizado en la optimización de formas para lograr mejores ventajas mecánicas o facilidad en los procesos de manufactura, como el moldeo por inyección. En la imagen 8-13, en la parte izquierda, se muestra la configuración de una forma con líneas quebradas, y en la parte derecha se muestra que la forma se transformó en otra, utilizando el recurso topológico de continuidad, la manipulación que se le hizo a la forma inicial fue un redondeo en los vértices, de tal manera que se da una transición entre segmentos de líneas rectas; de esta manera se logra mayor continuidad y fluidez en el contorno, y eventualmente se puede percibir con mejor forma. La forma redondeada es un resultado proyectivo de la forma angular, principio que Bonsiepe llama **singenomorfía**.

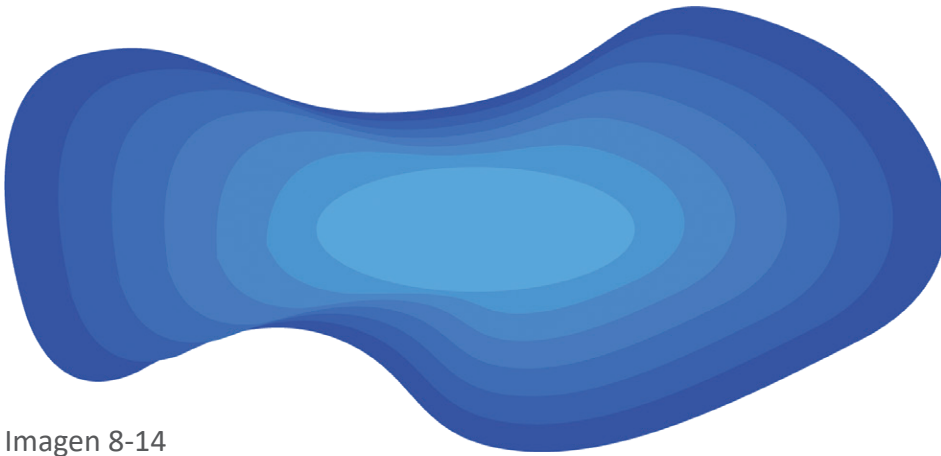


Imagen 8-14

Transición con curvas de nivel.

Nota. Ilustración, 2020. Guevara Terranova Laura Valeria.

La imagen 8-14 muestra la transición de forma con el recurso de curvas de nivel; según la técnica topográfica, cada curva está a un nivel distinto de la otra, de tal manera que se puede modelar un artefacto tridimensional con planos seriados que se cortaron horizontalmente a distintas alturas. La transición genera un cambio gradual y continuo, que va desde una forma orgánica a una forma elíptica; la similitud de forma se logra con curvas adyacentes, tanto del nivel superior, del intermedio o del inferior. La transición en esta composición también se da en el cambio del color, el que se va iluminando hacia el blanco o se va saturando hacia el azul.

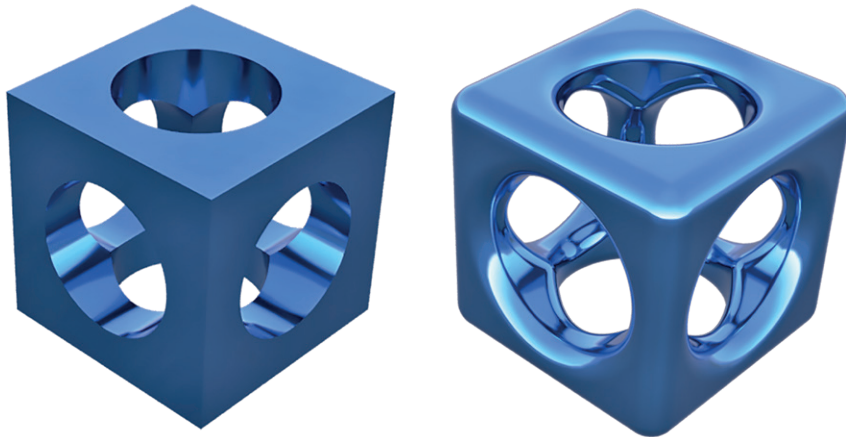


Imagen 8-15

Transición y continuidad al interior de la forma.

Nota. Ilustración, 2020. Guevara Terranova Laura Valeria.

En la parte izquierda de la imagen 8-15, se observa un artefacto con modelado paramétrico, al que se le ha realizado una sustracción o vaciado por repetición de formas circulares con ritmo simple; en la parte derecha, se muestra un tratamiento de redondeo, continuidad y transición en todas las aristas, logrando un cambio sutil entre las diferentes facetas del artefacto. Esta intervención mejora la resistencia mecánica y cambia drásticamente la apariencia final.



Imagen 8-16

Transición al interior de la forma.

Nota. Adaptado de Braun, 2020, https://res.cloudinary.com/mtree/image/upload/q_auto:eco,f_auto,dpr_auto/Braun-ES-ES/1icTyEGGv7E0p7QkRsBS5T/dd28148fcf90cbc9996ccee6a584ff73/01-series-9-9380cc.jpg

En la configuración del artefacto diseñado por la Braun, se ha seguido el recurso de la transición, que obedece a criterios formalestéticos, ergonómicos y de optimización geométrica para los procesos de manufactura.

La gradación del color ocurre cuando un color cambia paulatinamente de tono hasta llegar a ser otro color por completo.

La gradación del color puede relacionarse con la transición, pues al pasar de un tono a otro se varían los porcentajes de RGB (mezcla óptica) o de CMYK (mezcla por pigmentos) para cada tono específico.

En el círculo cromático para mezcla sustractiva (CMYK), por convención, se llaman colores primarios al amarillo, al azul y al rojo; y colores secundarios los que se obtienen de la mezcla de dos primarios: azul + rojo = violeta, rojo + amarillo = naranja y amarillo + azul = verde.

En el círculo cromático los primarios se oponen a los secundarios, que también se conocen como complementarios, pues son la mezcla de dos primarios, a los que les falta al otro para obtener el color blanco si es mezcla aditiva o el color negro si es mezcla sustractiva.

Se puede realizar gradación o transición de primarios a los secundarios, que en el círculo cromático aparecen en posiciones adyacentes, a estos colores también se los conoce como tonos análogos.

La gradación se puede realizar hacia el negro o al blanco, afectando la saturación del color; entre más saturado sea un color, más puro es, por lo tanto, tendrá menor mezcla de blanco o de negro.

El máximo contraste se logra cuando una figura que tiene algún tono de color se emplaza en un fondo que tiene el tono del color opuesto en el círculo cromático, por ejemplo, si la figura es azul, el fondo que genera mayor contraste es el naranja.

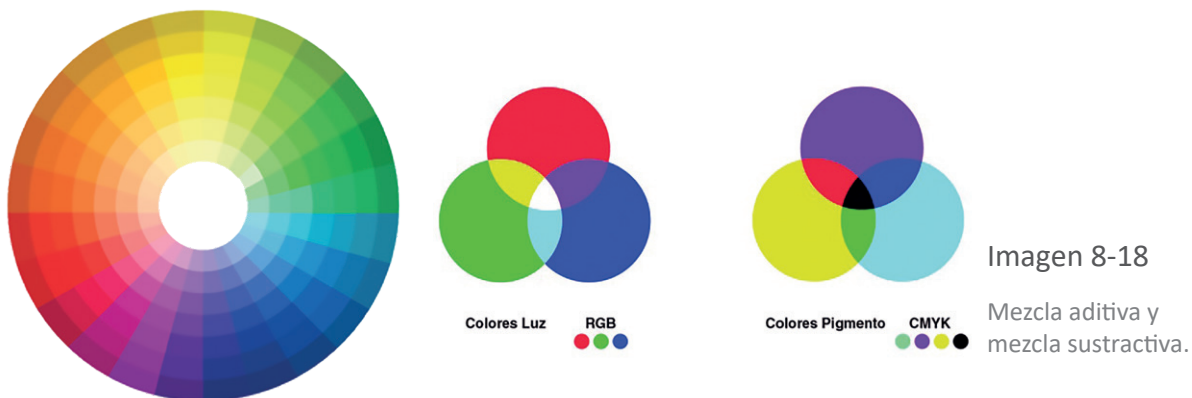


Imagen 8-17 Círculo cromático.

Nota. Imágenes 8-17, 8-18. Ilustración, 2020. Guevara Terranova Laura Valeria.

La imagen 8-17 muestra el círculo cromático en el que se pueden analizar los colores primarios, los secundarios, los complementarios y los análogos, así como también la gradación de tonos y la saturación cromática.

En la imagen 8-18 podemos ver los modelos para la mezcla sustractiva y la mezcla aditiva. En la imagen 8-19 se observa la gradación de los colores primarios y secundarios hacia el negro y al blanco; la gradación entre colores primarios para obtener los secundarios y los análogos, y una transición del negro al blanco, que genera una escala de grises.

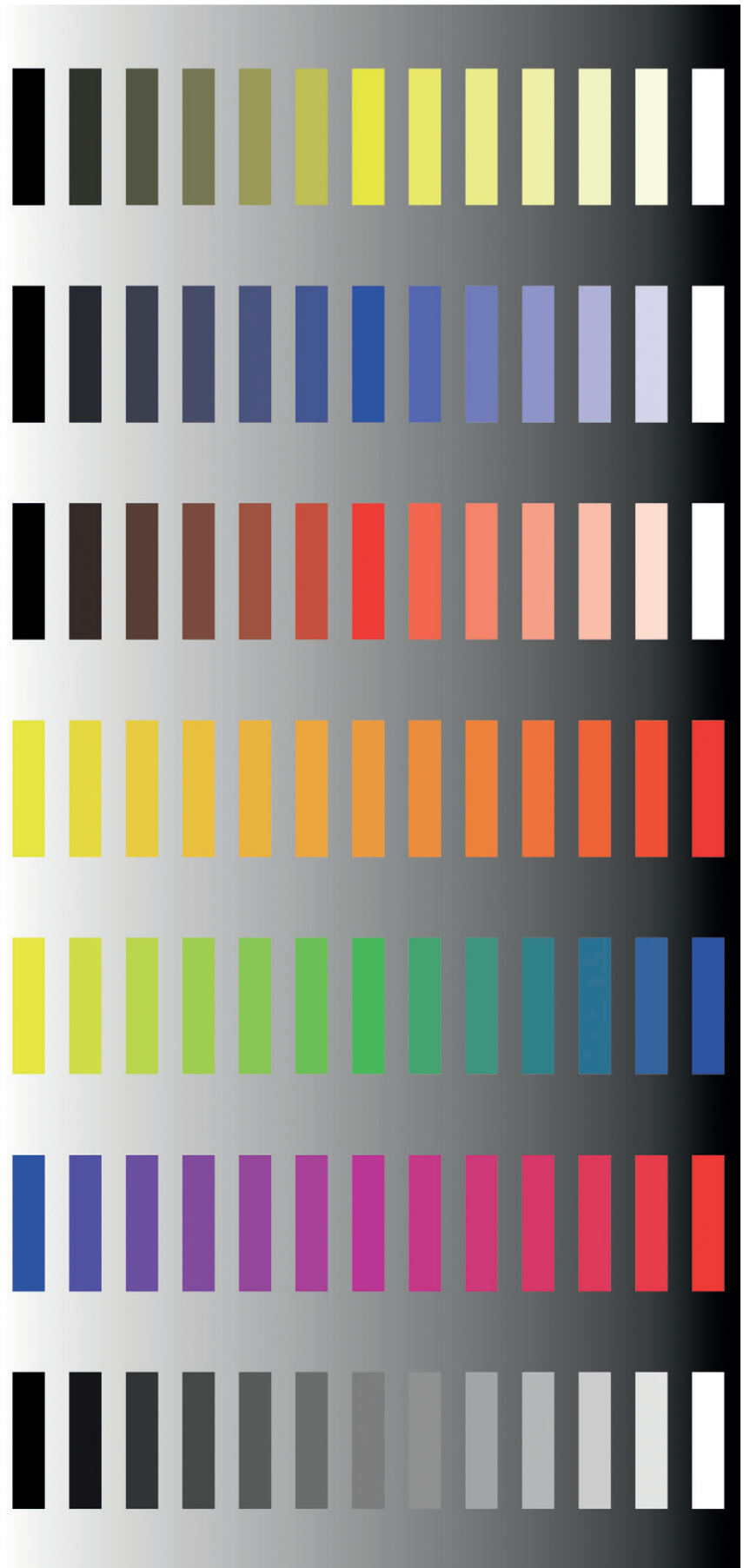


Imagen 8-19
Gradación y saturación de color.

Nota. Ilustración, 2020.
Guevara Terranova Laura Valeria.

Retículas y estructuras

La retícula es definida por Pérez (2016, p. 1) <<como una estructura bidimensional que permite organizar ciertos elementos o contenidos>>. Se puede considerar como una matriz en la que se emplazan los bloques de la composición

Las retículas y las estructuras son un tipo de organización plana y tridimensional que retoman el concepto de repetición de forma y tamaño, además de transición, proporciones y ritmo. La retícula se compone de módulos que se conocen como celdas (como las formas hexagonales de una colmena) y la repetición de la agrupación de retículas conforma una estructura. Guevara (2010, p. 134).

Casi todos los diseños tienen una estructura. La estructura debe gobernar la posición de las formas en un diseño.

La retícula básica es la que se usa con más frecuencia en las estructuras de repetición. Se compone de líneas verticales y horizontales, parejamente espaciadas, que se cruzan entre sí, lo que resulta en una cantidad de subdivisiones cuadradas de igual medida. La retícula básica aporta a cada módulo una misma cantidad de espacio, arriba, abajo, a la izquierda y a la derecha. Wong (1991, p. 51).

En diseño, una organización modular plana en repetición con ritmo simple se denomina retícula, cuya utilidad es la de servir como guía para realizar algún tipo de composición en el plano o ser ellas mismas la composición; las retículas son como la subdivisión interna de un formato mediante líneas que se intersectan y que generan áreas o regiones. Cada región de la retícula se conoce como celda, y las celdas pueden ser regulares como los cuadrados de una cuadrícula o irregulares cuando las celdas tienen formas con similitud y son derivaciones proyectivas de las celdas regulares.

Las retículas que se repiten con ritmo simple son homegéneas, en las que el módulo es repetido en tamaño y dirección, variando su ubicación en el plano.

Las retículas combinadas son las que se configuran con celdas con ritmo alternado, en las que aparece más de una forma de celda.

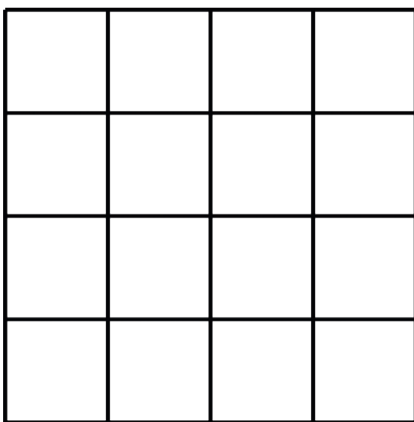


Imagen 8-20

La cuadrícula es una retícula regular básica de celda cuadrada, que se repite con ritmo simple.

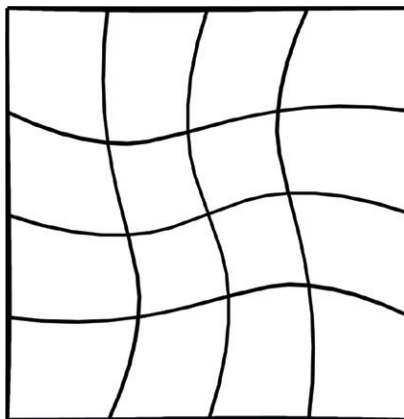
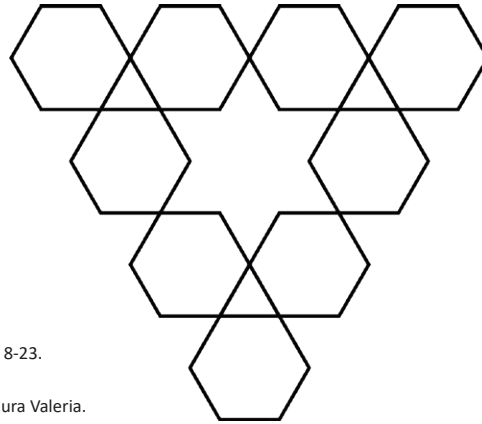


Imagen 8-21

Transformación de la cuadrícula en una retícula con similitud de forma, generando ritmo alternado.

Nota. Imágenes 8-20, 8-21. Ilustración, 2020. Guevara Terranova Laura Valeria.



Nota. Imágenes 8-22, 8-23.
Ilustración, 2020.
Guevara Terranova Laura Valeria.

Imagen 8-22

Red de celdas combinadas, aparece más de una forma de celda o módulo que se repite en otras coordenadas.

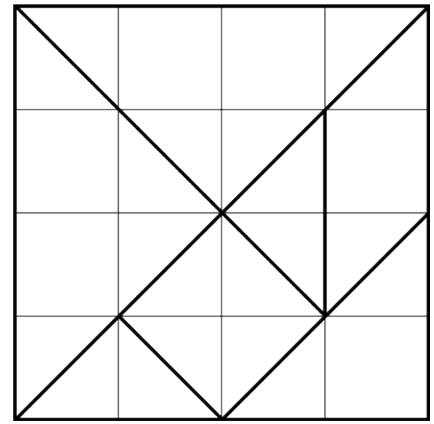


Imagen 8-23

Utilización de la red de celdas cuadradas, para configurar las piezas del tangram.

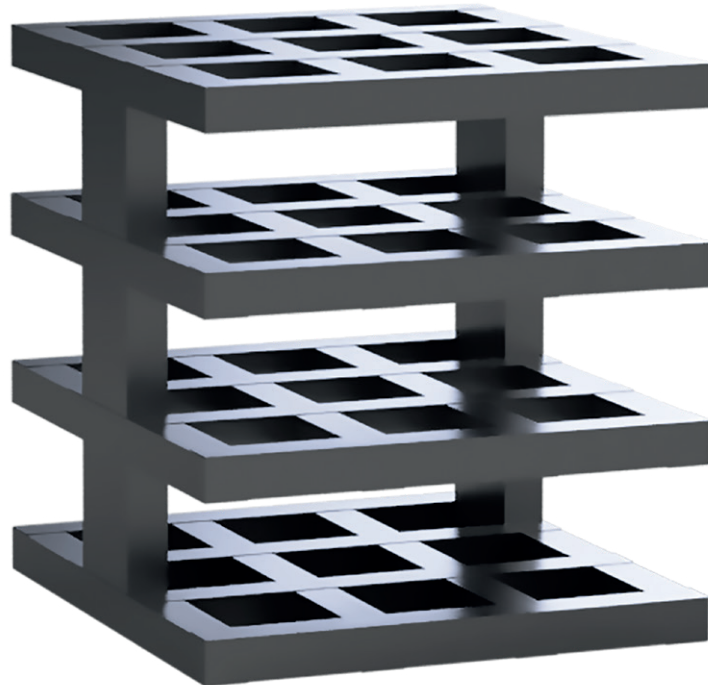


Imagen 8-24

Estructura con base en la cuadrícula.

Nota. Ilustración, 2020.
Guevara Terranova Laura Valeria.

Si una red plana es intervenida, y se le agrega otra dimensión, entonces se obtiene un artefacto tridimensional que se convierte en una estructura, que se denomina estructura reticular.

La imagen 8-24 muestra una estructura que se ha configurado con base en una cuadrícula plana; se ha organizado con vigas y columnas que se intersecan, conformando una estructura porticada.

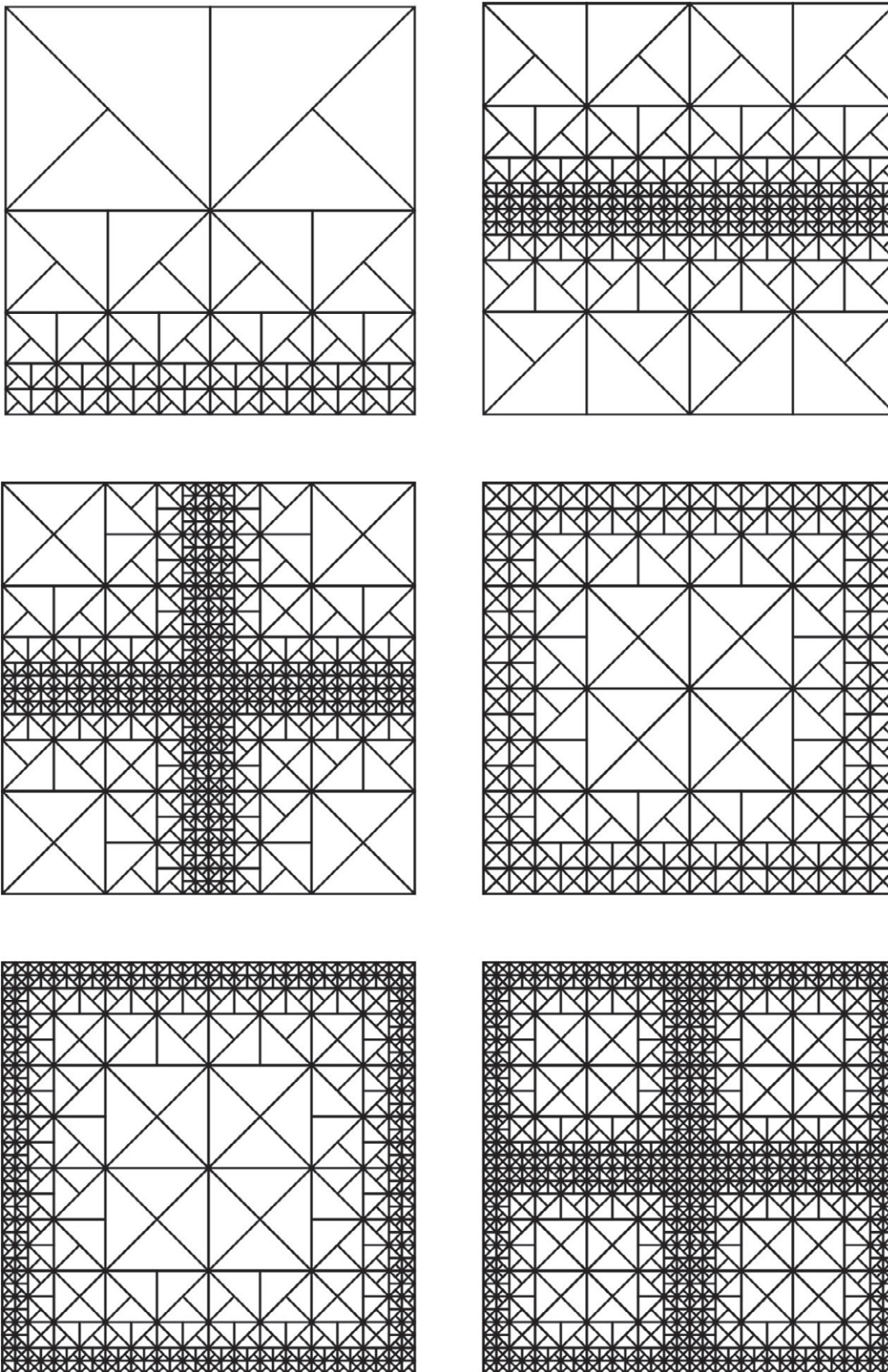


Imagen 8-25 Réticulas triangulares. Nota. Imágenes 8-20, 8-21. Ilustración, 2020. Guevara Terranova Laura Valeria.

La imagen 8-25 muestra alternativas de retícula, que se han configurado con base en una celda triangular, aplicando el principio de homeomorfía y repetición de forma con ritmo alternado; cada propuesta puede utilizarse como base para una composición o ser ella misma la composición.

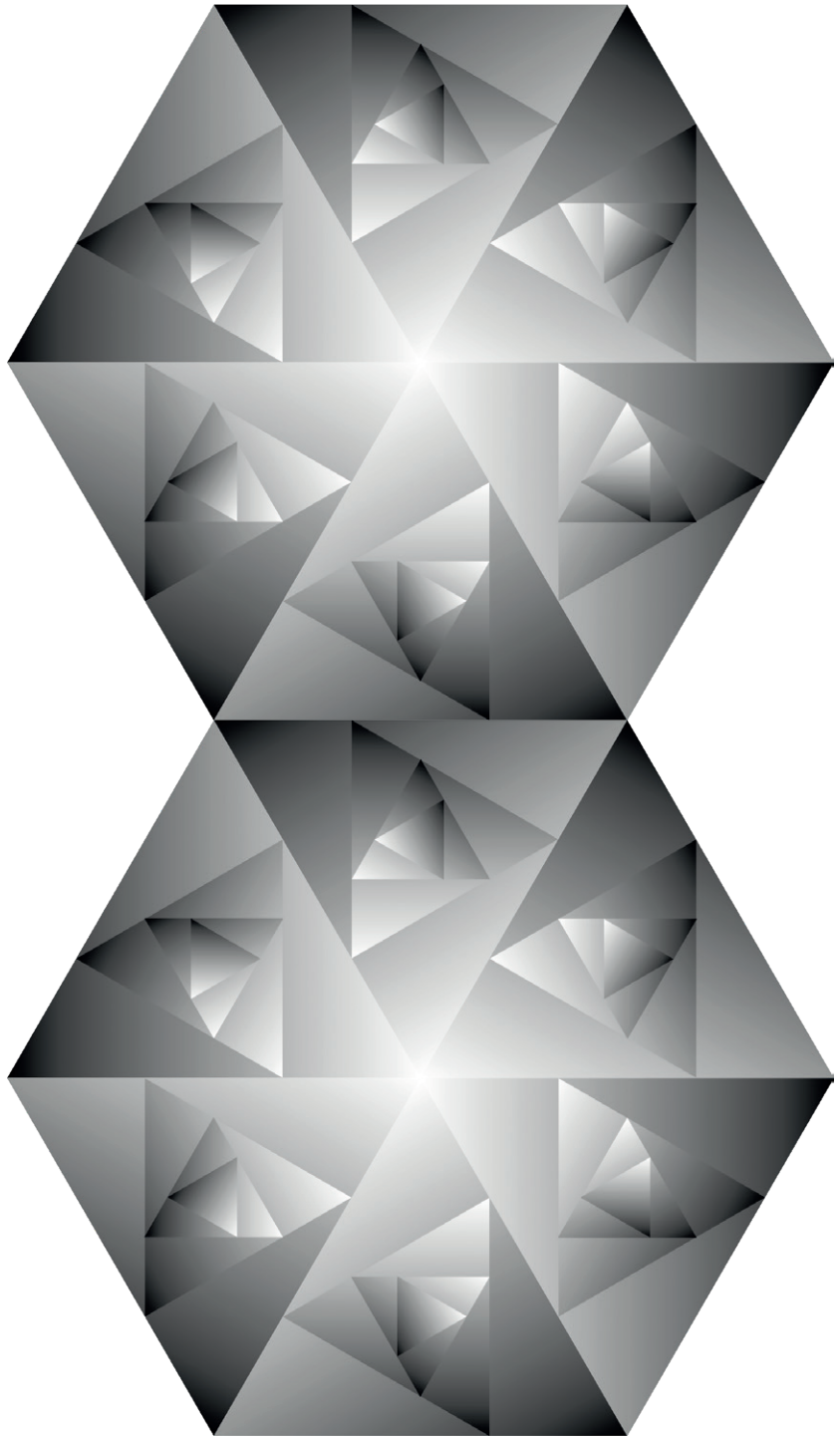


Imagen 8-25

Retícula iterativa

Nota. Ilustración, 2020.

Guevara Terranova Laura Valeria.

Composición configurada con base en una retícula de celda triangular; al interior de cada módulo se ha iterado el mismo triángulo, logrando una homeomorfía con rotación y gradación de tamaño. La disposición en radiación de las celdas triangulares genera un hexágono, convirtiendo una retícula regular con ritmo simple en una retícula combinada con ritmo alternado.



Imagen 8-26

Alaa Tameem. Studio 2.12.

Nota. Adaptado de Two12, 2020, <https://theinspirationgrid.com/two12-studios-branding-by-alaatameem/>

Aplicación de la retícula en:

- Diseño del logotipo.
- Emplazamiento de la identidad gráfica en un muro.
- Configuración de un impreso con áreas para ubicar imagen y columnas de texto.

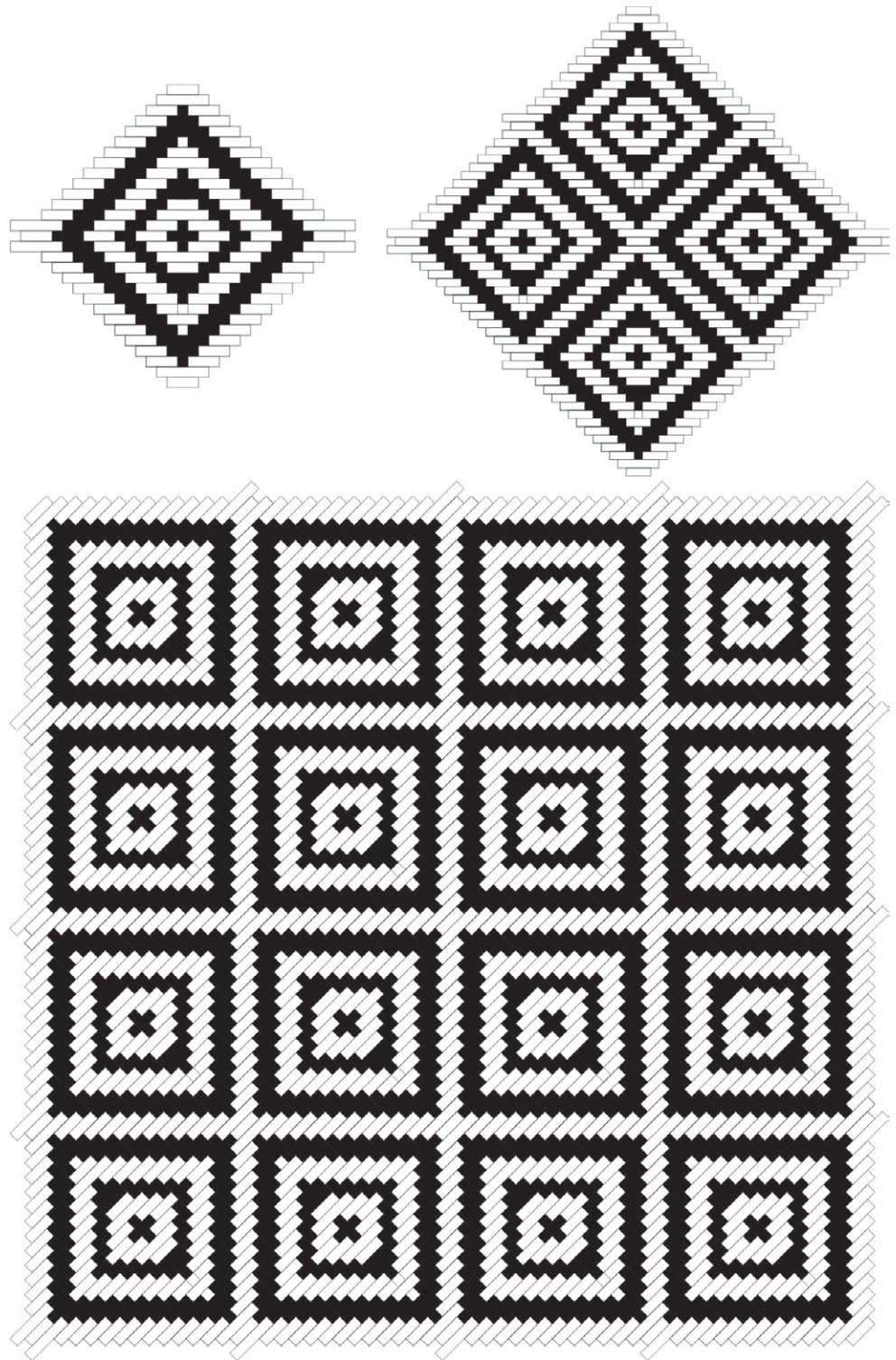


Imagen 8-27

Tejido tradicional artesanal colombiano.

Nota. Ilustración, 2020. Guevara Terranova Laura Valeria.

Guevara (2010) afirma que <<las retículas se han utilizado en la cestería tradicional y en los tejidos de las comunidades indígenas latinoamericanas desde los primeros ancestros. Las artesanías utilitarias retoman las retículas confiriendo al producto un valor funcional y simbólico>> (p. 144).

Textura

La característica superficial de la forma es la textura. Esta puede definirse como el grado de rugosidad de las superficies que puede ir de un acabado al espejo (liso brillante) a superficies completamente irregulares y de alta aspereza. Se percibe a través del sentido del tacto o de la vista.

Según Definicionabc (2020) existen dos tipos de textura, por un lado se tiene la táctil y por el otro la visual. La táctil es aquella perceptible únicamente a través del tacto y que permite distinguir entre materiales rugosos, como puede ser un cartón con relieve, y materiales suaves, como el terciopelo. La visual refiere a aquellas texturas impresas que imitan la realidad (p. 1).

Los procesos de texturizado, como los menciona Guevara (2010), son de gran diversidad y dependen de los procesos de fabricación de los productos y de los acabados superficiales de estos, por ejemplo, se pueden tener dos versiones de una silla fabricada por inyección de un termoplástico: una completamente lisa con un acabado al espejo y otra con un acabado áspero, que se obtiene al ser sometida a un chorro de arena (p. 159).

El diseñador conjuga las características funcionales de cada material que utiliza con la textura acorde. No es congruente seleccionar texturas con la sola intención de obtener efectos superficiales decorativos, hay que llegar a un equilibrio entre la textura netamente estética y la textura con criterios funcionales y ergonómicos.

En el proceso proyectual de configuración de artefactos, el color y la textura son dos principios que no se deben dejar a la deriva; el color no debería ser producto solamente de una tendencia consumista o estética, debería también seleccionarse con criterios ergonómicos y de percepción visual, con el propósito de no inducir a errores perceptuales o de lectura, que pueden llevar a una mala secuencia de uso. La textura permite percibir al artefacto y eventualmente intuir los riesgos de su uso, adicionalmente si el individuo tiene limitaciones visuales, la textura y la rugosidad de los artefactos lo pueden orientar, para discriminar de forma táctil, los diferentes elementos de dirección y control.

La rugosidad se define el conjunto de las asperezas de una superficie respecto a otra idealmente lisa. En la práctica, cualquier plano, aunque esté mecanizado con la máxima precisión, se desvía siempre, dentro de ciertos límites, de la perfección absoluta, y las irregularidades, que tienen forma de pequeños picos y valles, pueden variar tanto en su amplitud como en la distancia entre sí. De todo esto se deriva una especie de entretejido cuyo aspecto depende del método empleado para el acabado. Diccionario Motor (2020, p. 1)



Imagen 8-28

Textura visual.

Nota. Ilustración, 2020. Guevara Terranova Laura Valeria.

Una forma individual, bien sea en el plano o en el espacio, se percibe de manera distinta cuando se interrelaciona con otras, por ejemplo, si se amontonan varias piezas modulares, entonces no se perciben las formas individuales, pero sí el conjunto, el que eventualmente denota textura visual.

En el capítulo 5, percepción visual, se habló sobre las cualidades de las buenas figuras, concluyendo que la simetría es una característica que contribuye a que las formas contengan menor información, por lo tanto, son más fáciles de recordar eidéticamente o de posicionarse en la percepción de los individuos.

La simetría es recurrente en la configuración de artefactos; es muy sencillo plantear alternativas simétricas, pero es un tanto más complicado resolverlas con equilibrio, ya que toda configuración simétrica está en equilibrio, sin embargo, no toda configuración equilibrada es simétrica.

Simetría

En Drae (2021) definen el concepto de simetría como «correspondencia exacta en la disposición regular de las partes o puntos de un cuerpo o figura con relación a un centro, un eje o un plano».

Olkhovaja (2021) aclara que «simetría es una palabra traducida del griego y significa la proporción y la correspondencia».

Puente (2008, p. 113), menciona cinco modelos simétricos:

Simetría bilateral o axial. Denominada también como simetría de reflexión. Determina que un plano gráfico tiene simetría de espejo si el eje que lo divide muestra que las dos partes (derecha-izquierda o superior e inferior) son semejantes.

Simetría de traslación. Las formas se ubican de manera idéntica, solo se desplazan en el plano o en el espacio, conservando distancias y dirección constantes.

Simetría de abatimiento. El eje que divide la composición muestra dos partes idénticas con un giro de 180° , una en relación a la otra.

Simetría de dilatación. Llamada también simetría de ampliación. En esta simetría las partes son idénticas en forma pero no en tamaño, ya que se extiende del centro hacia afuera (en forma concéntrica) para ser cada vez mayores.

Simetría de rotación. En esta simetría el plano gráfico está dividido por ejes radiales, los cuales determinan los grados en que cada parte gira en forma idéntica, principalmente a cada 90° . Sin embargo, al ser radial, pueden repetirse a cada 60° , 90° , 120° , en sentido derecho o izquierdo.

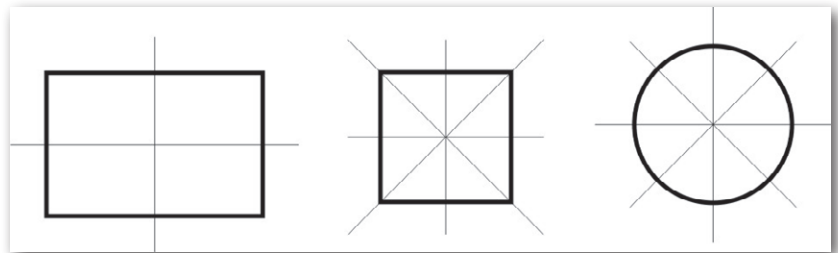
La simetría es constante en la naturaleza, se puede observar en plantas, en animales, en estructuras cristalinas, en los planetas, incluso en las galaxias.

La simetría es factor determinante en la evolución de las especies, como lo manifiesta Bosch (2005): La simetría floral, por ejemplo, tiene grandes implicaciones evolutivas ya que las flores bilaterales tienden a ser visitadas por polinizadores más especialistas que las flores con simetría radial y que puede resultar en un aumento del éxito reproductivo de la planta (p. 196).

Imagen 8-29

Simetría.

Nota. Ilustración, 2020.
Guevara Terranova Laura Valeria.



A una forma se le llama simétrica si existe una recta tal que, tomada como eje de simetría, transforma a la figura en ella misma. Hay figuras que tienen varios ejes de simetría (Imagen 8-29). Por ejemplo, un rectángulo tiene dos; un cuadrado, cuatro, y un círculo, infinitos (cualquier recta que pasa por su centro es eje de simetría).

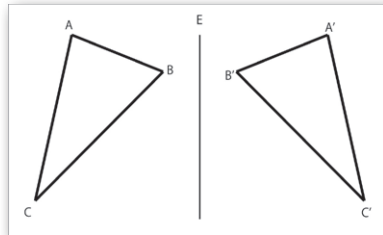


Imagen 8- 30

Simetría bilateral.

Nota. Ilustración, 2020.
Guevara Terranova Laura Valeria.



Imagen 8-31

Guantes para arquero, en simetría bilateral, la mano derecha es el reflejo de la izquierda.

Nota. Adaptado de Aliexpress, 2020, <https://es.aliexpress.com/i/32952606162.html>

Imagen 8-32

Simetría axial.

Nota. Adaptado de imagenarchiexpo, 2020, www.imagenarchiexpo.es/images_ae/photo-g/lampara



Las formas básicas del diseño hacen que la lámpara y su reflejo en el espejo sean la misma forma.



Imagen 8-33

Simetría bilateral en una forma natural.

Nota. Ilustración, 2020.
Guevara Terranova Laura Valeria.

En la simetría bilateral o axial, la forma que se refleja por el eje de simetría es la inversa o el reflejo de la forma original, esto se puede apreciar en las imágenes 8-30 y 8-31, en donde la forma reflejada es similar a la que aparece en un espejo. Hay formas, como la esfera, que cuando se ubican frente al espejo son la misma: tanto la forma original como la forma reflejada (Imagen 8-32).

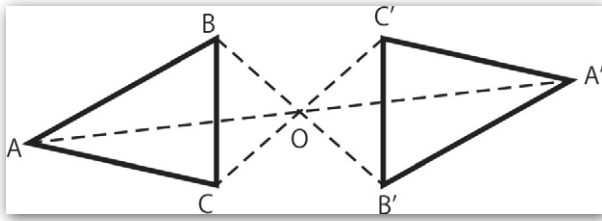


Imagen 8-34
Simetría con abatimiento.
Nota. Ilustración, 2020.
Guevara Terranova Laura Valeria.

La imagen 8-34 muestra la simetría con abatimiento, en donde inicialmente al triángulo ABC se le realiza una reflexión o simetría axial, y después un giro de 180 grados.

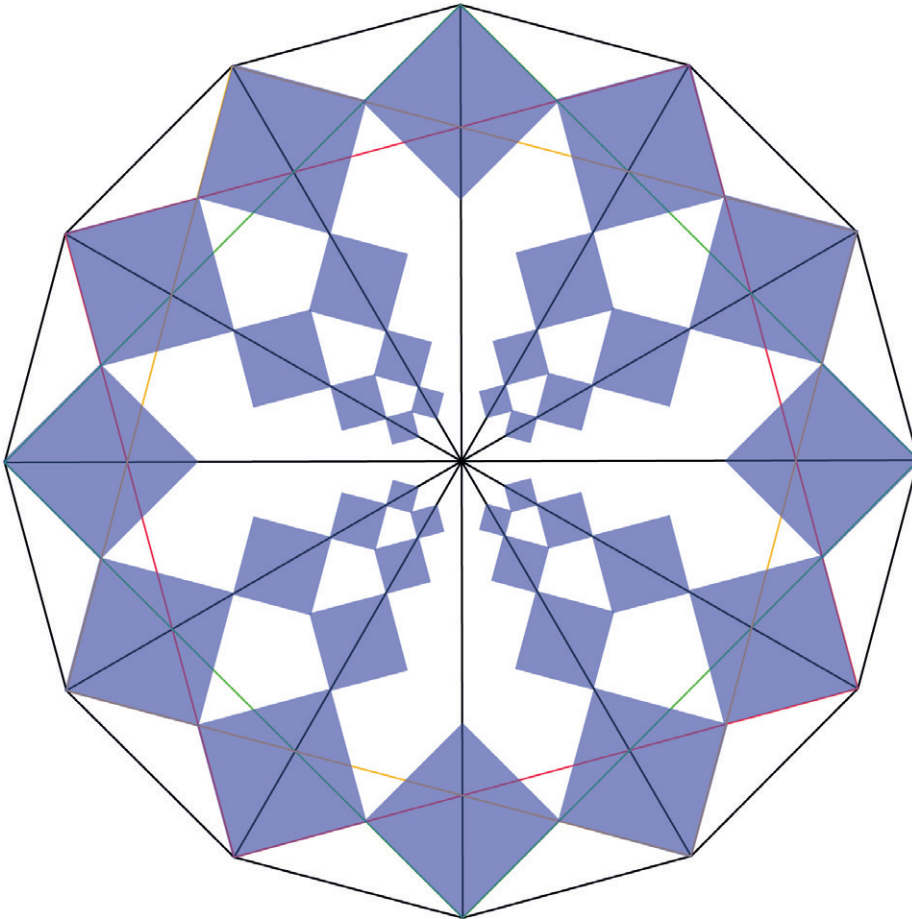


Imagen 8-35
Simetría de dilatación.
Nota. Ilustración, 2020.
Guevara Terranova Laura Valeria.

La imagen 8-35 muestra una distribución en el plano cuyo argumento principal es la simetría bilateral en cada forma cuadrada por separado, creando agrupaciones modulares que están en simetría axial (pares de cuadrados). Se observa la simetría por dilatación de las formas que decrecen proporcionalmente por el principio de homeomorfía. El resultado final es una composición simétrica con radiación concéntrica y centrífuga.



Imagen 8-36
Simetría bilateral. Isomorfía.

Nota. Adaptado de imagenarchiexpo, 2020, <https://masvision.mx/products/lente-oftalmico-heritage-negro-heom5023-511944>

La imagen 8-36 muestra un caso interesante de simetría, que Bonsiepe denomina **isomorfía**; consiste en artefactos que tienen formas reflejadas en repetición por pares, generando en el conjunto un adosamiento por simetría bilateral. La isomorfía se entiende como la configuración de artefactos con formas que tienen los mismos atributos visuales, pero, emplazadas con equidistancia de tal manera que una es el reflejo de la otra, bien sea en el plano o en el espacio.

Traslación

Trasladar una forma significa que se desplaza por una trayectoria lineal, de tal manera se mantiene sin modificaciones, salvo si cambia de ubicación lineal o espacial. La traslación de formas es otra manera de repetición de forma, con igual tamaño y dirección, sin variaciones de los elementos visuales, es decir, con ritmo simple a igual distanciamiento.

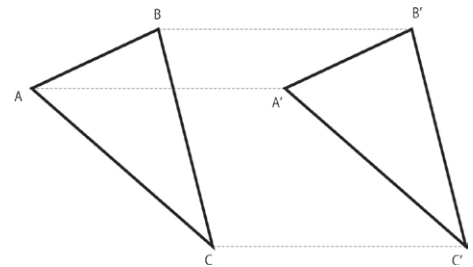


Imagen 8-37

Traslación.

Nota. Ilustración, 2020.

Guevara Terranova Laura Valeria.

Rotación

La rotación es un movimiento que obliga a todos los puntos de un sólido rígido a describir arcos de igual amplitud pertenecientes a circunferencias cuyos centros se hallan en una misma recta o eje de giro, que puede ocupar cualquier posición en el espacio. La rotación también se puede lograr con formas planas, y los arcos son partes de circunferencias; las formas finales se mantienen en tamaño y en figura, lo que cambia es la dirección en el plano o en el espacio; también es posible obtener formas con rotación y traslación al tiempo.

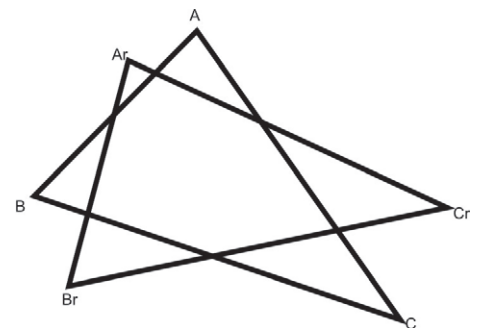


Imagen 8-38

Rotación

Nota. Ilustración, 2020.

Guevara Terranova Laura Valeria.

Mediante los movimientos de traslación, reflexión y rotación, es posible hacer coincidir una figura con ella misma, para lograrlo se va a utilizar la retícula de celda triangular isométrica, que se muestra en la imagen 8-39:

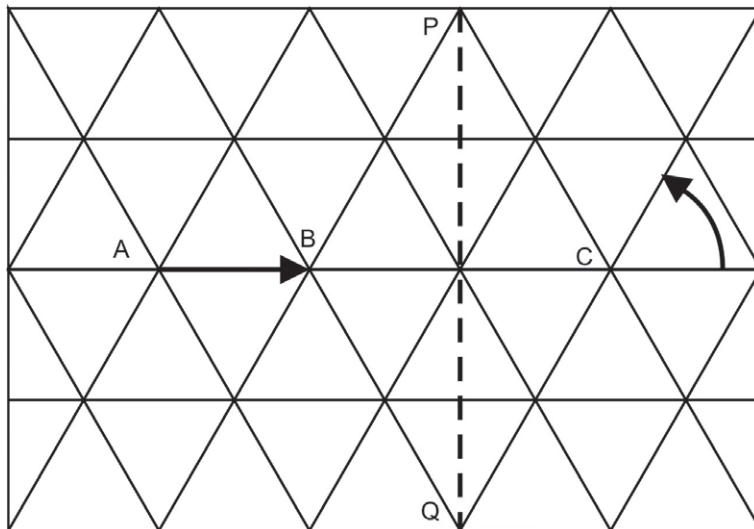


Imagen 8-39

Coincidencia por movimiento.

Nota. Ilustración, 2020.
Guevara Terranova Laura Valeria.

Lo primero que hay que hacer es calcar la retícula en un papel transparente (puede ser acetato o pergamino), luego, si se desplaza el duplicado desde A hasta B, entonces las formas coincidirán nuevamente. Si se gira el duplicado 60 grados sobre el punto C y en dirección de la flecha, entonces las formas nuevamente coinciden. Finalmente, si se dobla el duplicado sobre la línea PQ, entonces se tendrán las formas en reflexión especular y coincidirán nuevamente.

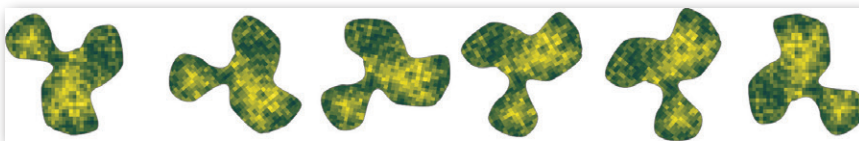


Imagen 8-40 Rotación gradual de una forma.

Nota. Ilustración, 2020.
Guevara Terranova Laura Valeria.



Imagen 8-41

Tornillo.

Nota. Fotografía, 2020.
Guevara Terranova Laura Valeria.

El tornillo es un herraje que se ha diseñado para ser fijado por rotación; se puede intuir su función por la forma del artefacto, aunque la ilustración afianza el concepto, pues se ha emplazado en rotación con respecto del eje vertical.

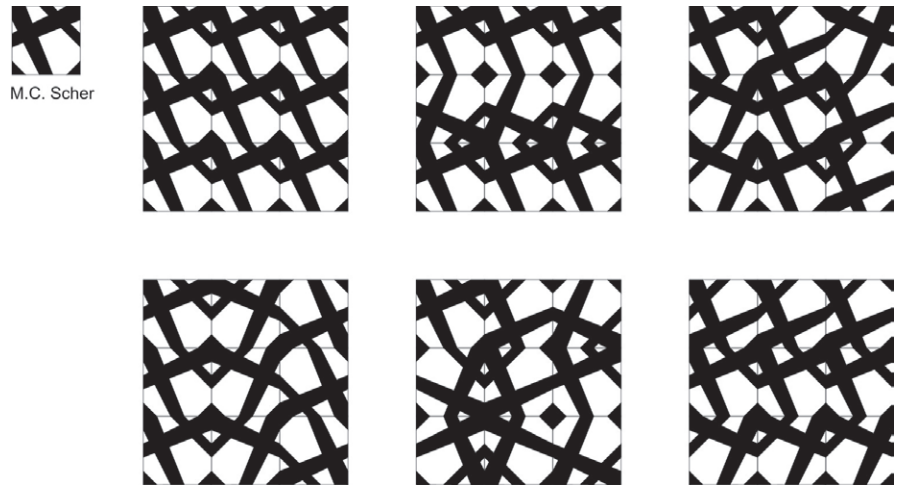


Imagen 8-42

Nota. Ilustración, 2020. Guevara Terranova Laura Valeria.

Variaciones formales en el plano mediante traslación, reflexión y rotación de un módulo base propuesto por M. C. Scher.

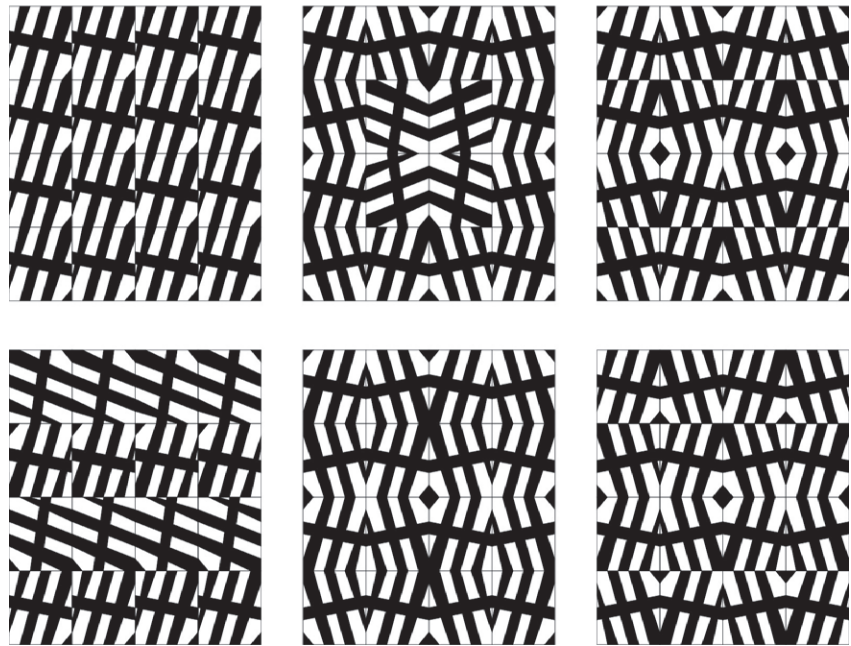


Imagen 8-43

Módulo base variable.

Nota. Ilustración, 2020. Guevara Terranova Laura Valeria.

Guevara (2010, p. 127) propuso una composición con una alternativa formal del módulo propuesto por Scher (Ver imagen 8-43). Los módulos se repiten en ritmo simple, con cambio de dirección y posición. Con este recurso se logran estructuras complejas a partir de celdas modulares atómicas.

Radiación

La radiación es un recurso combinado de rotación y traslación; consiste en ubicar formas equidistantes de un punto de referencia. Si la equidistancia se realiza en el plano, se obtiene una composición circular, si se realiza en el espacio, se obtiene una esfera.

Wucius (1991, p. 87) ha definido:

- Centro de radiación. Este marca el punto focal en cuyo derredor se sitúan los módulos. Debe anotarse que el centro de la radiación no es siempre el centro físico del diseño.
- Direcciones de radiación. Esto se refiere tanto a las direcciones de las líneas estructurales como a las direcciones de los módulos.

Ha propuesto tres formas básicas de radiación:

1. Centrífuga. Esta se compone de líneas estructurales rectas, que se irradian desde el centro del esquema. Todos los ángulos formados en el centro por las líneas estructurales deben ser iguales. Una variación es la radiación que se realiza ubicando el punto de referencia de forma excéntrica en el círculo.
2. Concéntrica. En una estructura concéntrica, en lugar de irradiar desde el centro, como en la estructura centrífuga, las líneas estructurales rodean al centro en capas regulares. Se compone de capas de círculos espaciados igualmente, que encierran al centro del diseño, el cual es también el centro de todos los círculos.
3. Centrípeta. En este tipo de estructura, las secuencias de líneas estructurales quebradas o curvadas presionan hacia el centro. El centro no está donde habrán de converger todas las líneas estructurales, sino hacia donde apuntan todos los ángulos y curvas formadas por las líneas estructurales.



Imagen 8-44

Nota. Fotografía, 2020.
Guevara Terranova Laura Valeria.

En la configuración de rin de la llanta, se han utilizado los tres tipos de radiación: centrífuga en los radios que apuntan al centro, concéntrica en las tuercas de ajuste y en el borde exterior del rin y de la llanta.

La radiación centrípeta se da por las líneas estructurales que no se dirigen al centro, logrando una superposición que forma un cuadrado.

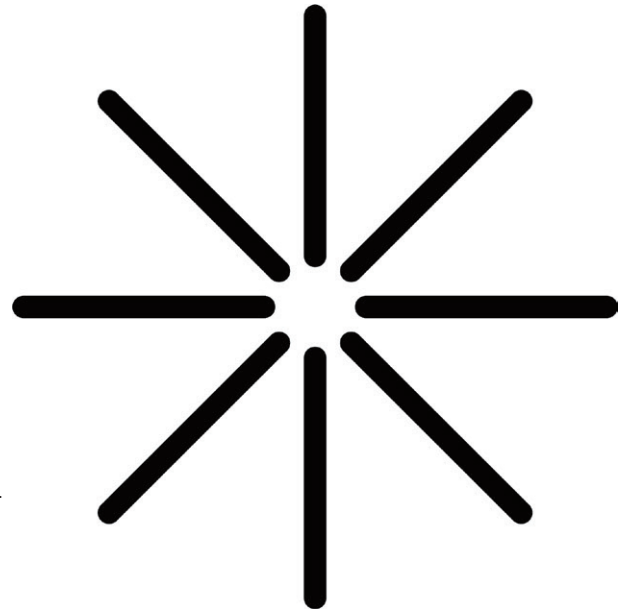


Imagen 8-45
Radiación centrífuga.

Nota. Ilustración, 2020.
Guevara Terranova Laura Valeria.

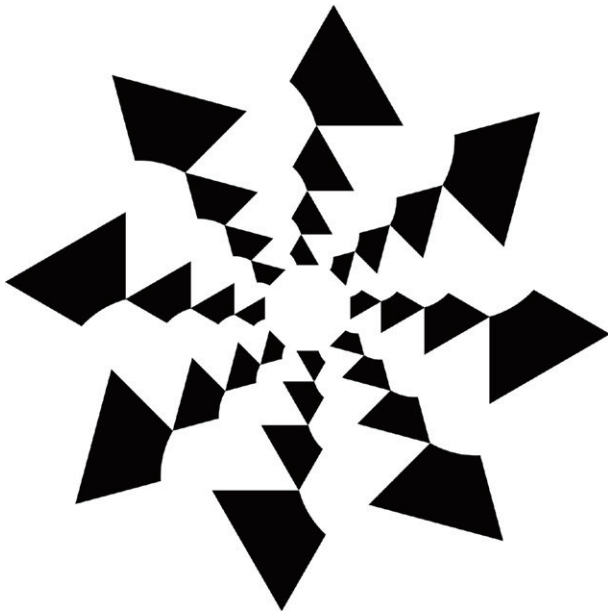


Imagen 8-46
Radiación concéntrica.

Nota. Ilustración, 2020.
Guevara Terranova Laura Valeria.

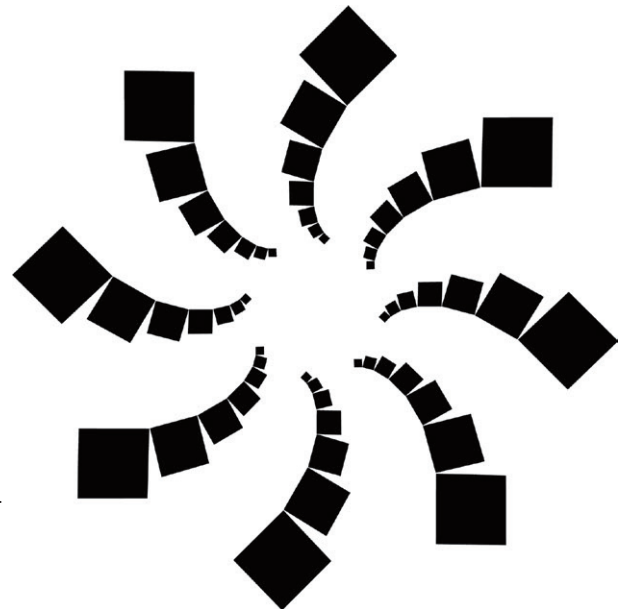


Imagen 8-47
Radiación centrípeta.

Nota. Ilustración, 2020.
Guevara Terranova Laura Valeria.

Equilibrio

Oxford Languages (2020) propone tres acepciones para equilibrio:

1. Estado de inmovilidad de un cuerpo sometido a dos o más fuerzas de la misma intensidad que actúan en sentido opuesto, por lo que se contrarrestan o anulan.
2. Estado de inmovilidad de un cuerpo, sometido únicamente a la acción de la gravedad, que se mantiene en reposo sobre su base o punto de sustentación.
3. Estabilidad de una cosa sometida a influencias diversas, a menudo opuestas, que están en la proporción adecuada para contrarrestarse.

Con base en el diccionario, es posible definir el concepto de equilibrio en diseño como la apreciación subjetiva de que los elementos de una composición no se van a caer, es decir, que tienen estabilidad tanto física como formal.

La simetría es un principio que permite configurar equilibradamente artefactos, tanto intraformal, así como interformalmente.

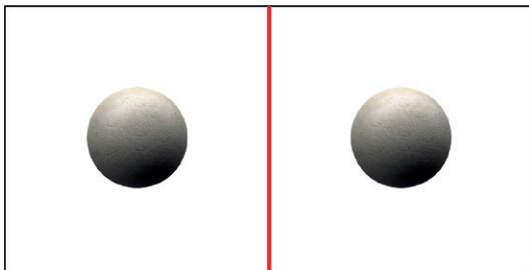


Imagen 8-48

Equilibrio simétrico.
Tanto los artefactos como la composición son simétricos.

Nota. Ilustración, 2020.
Guevara Terranova Laura Valeria.

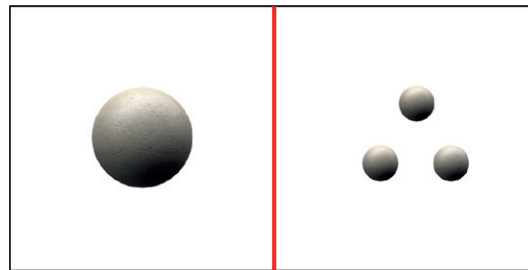


Imagen 8-49

Equilibrio asimétrico.
El artefacto de la izquierda se equilibra con los tres de la derecha.

Nota. Ilustración, 2020.
Guevara Terranova Laura Valeria.

Una composición simétrica siempre será equilibrada, y una composición equilibrada no siempre es simétrica; existen entonces dos tipos de equilibrio: el equilibrio simétrico y el equilibrio asimétrico.

El equilibrio físico de un artefacto es fundamental para que permanezca estable y no colapse al usarlo. Hay que considerar el cálculo estructural con base en las geometrías optimizadas, y las cargas con el tipo de esfuerzo al que será sometido, ya sea estática o dinámicamente.

La selección de materiales, los procesos de manufactura, los acabados y la geometría son factores sensibles al momento de configurar artefactos, para posibilitar el cálculo de resistencia mecánica y modelar los diferentes componentes con las tolerancias de resistencia especificadas.



Imagen 8-50

El diseño paramétrico del anillo se ha propuesto con simetría, lo que también denota equilibrio.

Nota. Adaptado de Puerpng, 2020, <https://purepng.com/photo/27777/clipart-gold-ring-with-diamonds>



Imagen 8-51

Artefacto asimétrico en equilibrio.
Chandra Jewelers.

Nota. Adaptado de Chandra, 2020, <https://pchandraindia.com/gold/gold-necklace/pc-chandra-jewelers-22kt-yellow-gold-necklace-for-women/22KNABCULTG49N>



Imagen 8-52

Artefacto multifuncional en equilibrio.
Cuchara, tenedor Kershaw 1140 Ration.

Nota. Adaptado de Dlttrading, 2020, <https://www.dlttrading.com/kershaw-1140-ration-fork-spoon-tool>



Imagen 8-53

Batería de cocina con equilibrio asimétrico.

Nota. Adaptado de Elcorteingles, 2020, <https://www.elcorteingles.es/hogar/A9541064-set-de-utensilios/>



Imagen 8-54

Bombardier.

Nota. Adaptado de Latam, 2020, <https://latam.historyplay.tv/noticias/bombardier-embrio-2025-la-motocicleta-que-revolucionara-el-transporte-personal-ya-esta-aqui>

Bombardier es un vehículo autobalanceado, para transporte individual, que se ha configurado con equilibrio físico y visual.

Está fabricado con materiales ultra-resistentes de última generación y cuenta con tecnología automatizada para equilibrar la posición relativa del vehículo mediante sofisticados giroscopios, de modo que caer durante el rodar es matemáticamente imposible.

Modularidad

Un módulo es una unidad atómica que puede utilizarse para configurar artefactos tanto en el plano como en el espacio. La unidad atómica es análoga a una celda de una retícula regular que se repite con ritmo simple.

Es posible configurar un artefacto con módulos que se interrelacionan con otros módulos mediante una interfaz, es decir, la interfaz se convierte en la transición entre un módulo y otro.

Un módulo puede subdividirse en submódulos, y los módulos se pueden agrupar para convertirse en supermódulos (Ver imagen 8-55).

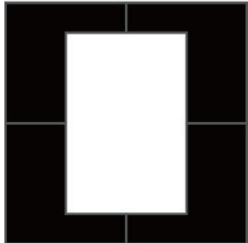
Un supermódulo puede convertirse en un módulo (Ver imagen 8-56).



Submódulo.



Módulo.



Supermódulo.

Imagen 8-55

Subdivisión modular.

Nota. Ilustración, 2020.
Guevara Terranova Laura Valeria.

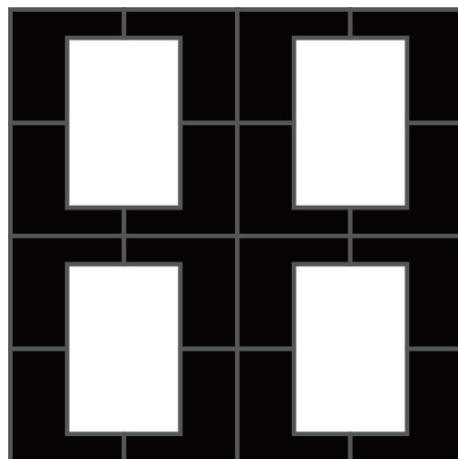


Imagen 8-56

Retícula con ritmo simple, configurada con supermódulos en repetición.

Nota. Ilustración, 2020.
Guevara Terranova Laura Valeria.

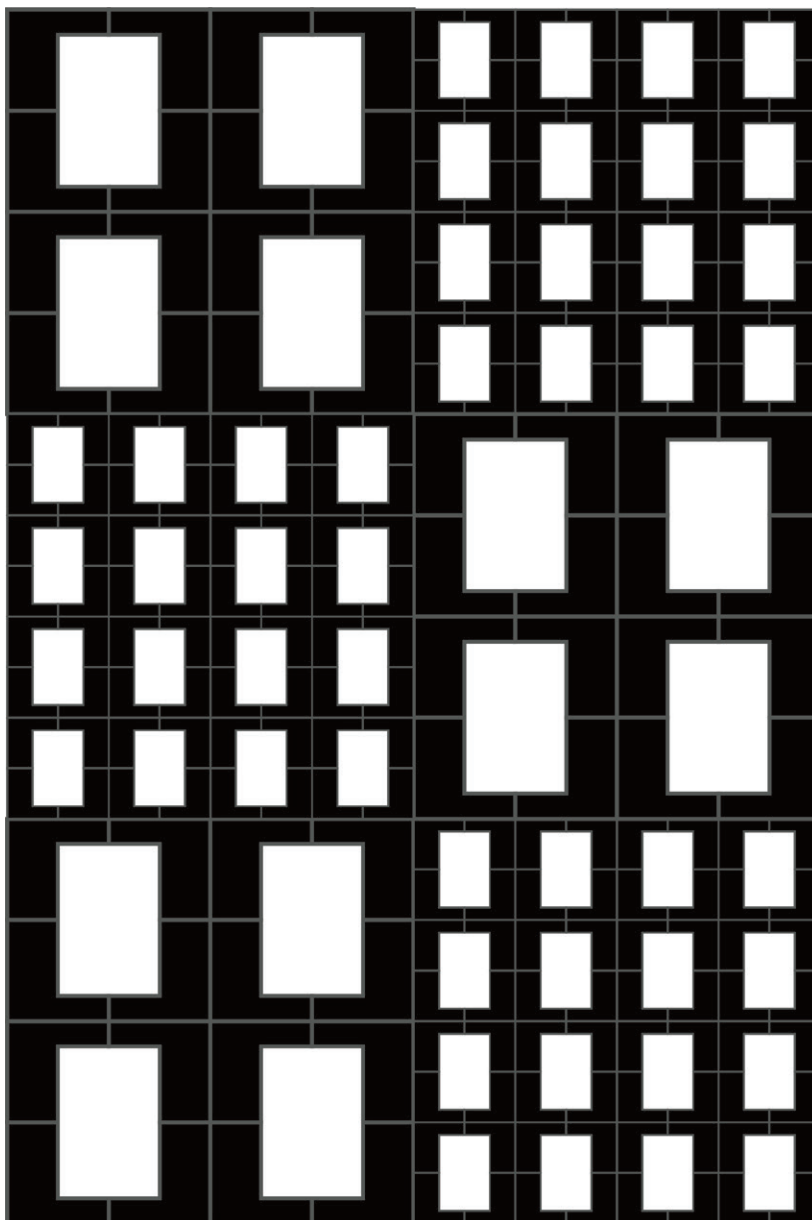


Imagen 8-57

Gran supermódulo.

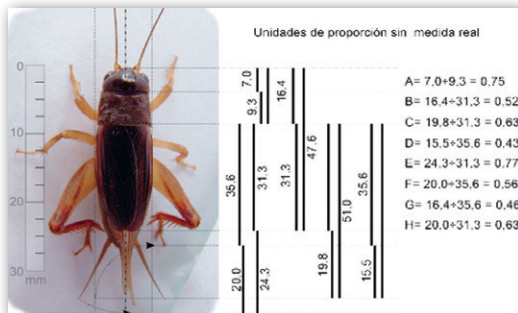
Nota. Ilustración, 2020.
Guevara Terranova Laura Valeria.

Configuración de un gran supermódulo con base en una celda supermodular iterativa.

La retícula es una agrupación de celdas modulares compuestas por unidades atómicas, que, en este ejemplo, son los submódulos, además, se ha dispuesto una organización con ritmo alternado, tanto en tamaño como en posición; considerando además la repetición de forma con gradación de tamaño, es decir, la homeomorfía o invarianza de escala con un factor de crecimiento de 2:1, o reducción proporcional de 1:2.

Un sistema modular consiste en la interrelación de módulos atómicos con otros, ya sea por toque, unión, intersección o superposición; los módulos se pueden escalar tanto en el plano como en el espacio, con el propósito de lograr mayores posibilidades configuracionales en estructuras repetidas con ritmo.

En diseño modular, es posible reducir tiempos de fabricación y ensamble, permitiendo armar también artefactos personalizados a partir de ajustes individuales que se le pueden hacer al módulo base, o lograr configuraciones espaciales distintas con el mismo módulo atómico que se repite con invarianza de escala (Ver imagen 8-58).



Grillo. Objeto de estudio.

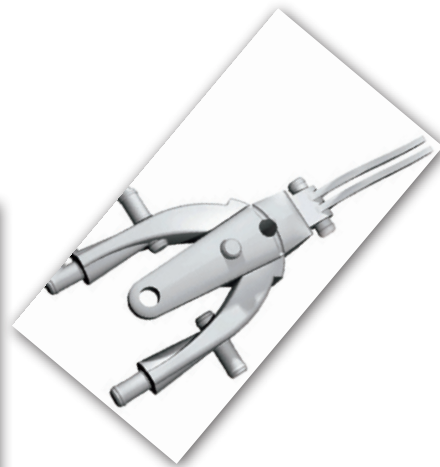
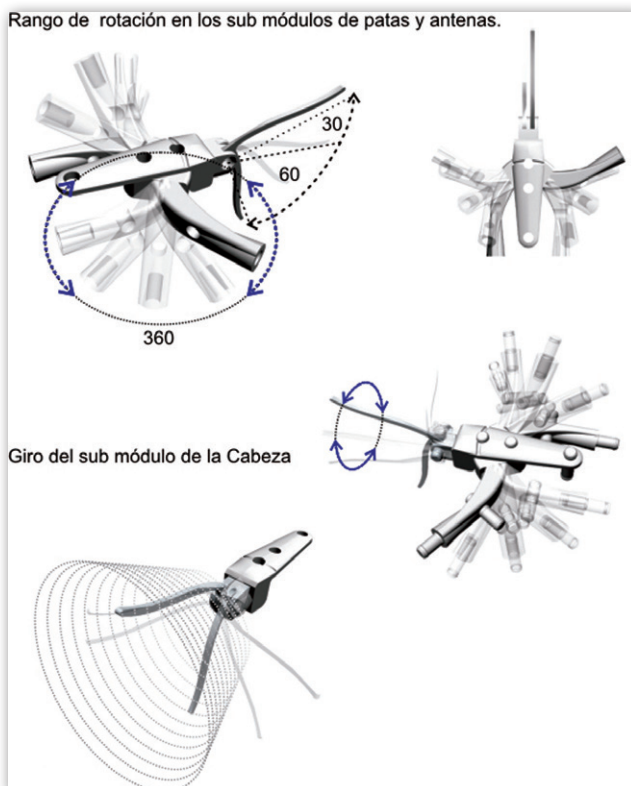
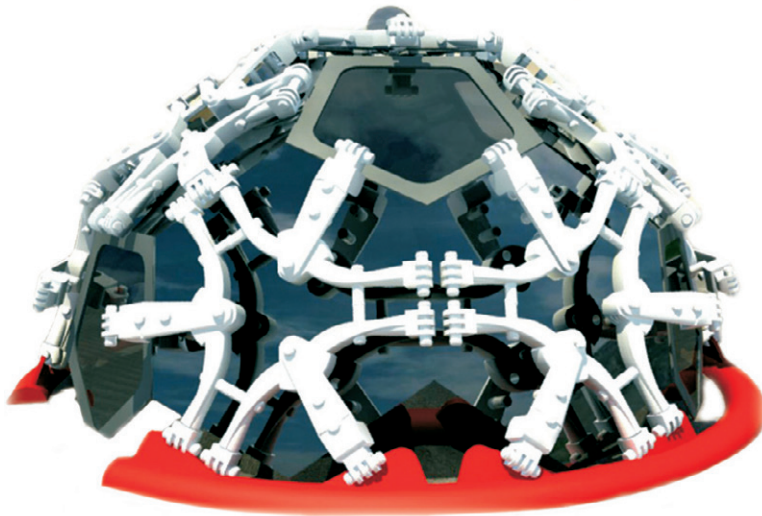


Image 8-58

Grados de libertad del módulo.

Nota. Ilustración digital, 2012.
Huertas Díaz Fausto Yesid.

Huertas (2012), con base en la bioforma de un grillo, como objeto de estudio, realizó un proceso de biomimética derivando en elementos modulares, que permiten la construcción de estructuras de crecimiento tridimensional, las cuales se pueden aplicar en diferentes artefactos con funciones diversas; entre los módulos base se realiza una interfaz que permite estabilizar la estructura, para evitar el colapso.



Domo habitáculo.



Estructura polisombra.



Estructuras multipropósito .



Torre de comunicaciones.

Image 8-59
Artefactos configurados a partir de un módulo base.

Nota. Ilustración digital 2012. Huertas Díaz Fausto Yesid.



DISEÑO PARAMÉTRICO

El diseño paramétrico es una tendencia que permite configurar estructuras complejas con más posibilidades tridimensionales que las que se logran con la geometría euclidiana.

El principio consiste en plantear modelos matemáticos y digitalizarlos mediante algoritmos que se ejecutan en un procesador binario.

Las geometrías complejas se logran mediante un sistema iterativo tridimensional ayudado por ordenador, y se pueden fabricar tridimensionalmente con impresión 3D, bien sea por adición de material o por sustracción del mismo.

La formas que se obtienen han ampliado las posibilidades estéticas en el campo del diseño en general, logrando artefactos con estructuras que tienden a las que la naturaleza ha evolucionado, en un proceso conocido como **biomimética**.

Con los parámetros de diseño involucrados en el desarrollo del artefacto también es posible realizar cálculos de resistencia estructural, y de dinámica y hacer simulaciones sin necesidad de fabricar prototipos.

Un recurso muy usado en diseño paramétrico es la repetición de formas que se pueden lograr por la iteración de los algoritmos, logrando estructuras mediante la utilización de submódulos, módulos y supermódulos. Se obtienen mallas que están conformadas por celdas poligonales irregulares. La definición de la transición del artefacto modelado depende del número de polígonos generados, entre más polígonos se modelen, se obtiene mejor resolución; así es posible ilustrar los modelos con simulación de materiales y con efectos de luz y sombra.

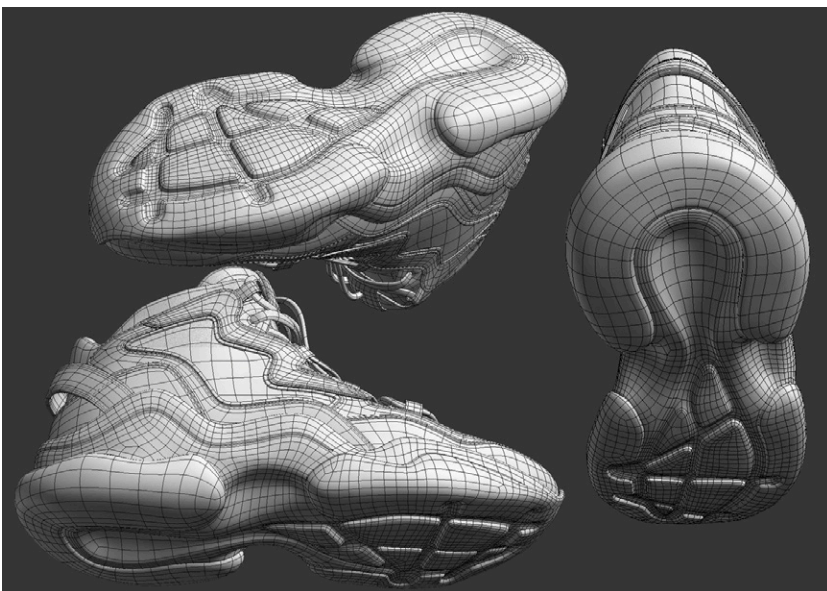


Image 8-60

Francisco Planelles.
Diseño paramétrico
con similitud de
enmallado poligonal.

Nota. Adaptado de Coroflot, 2020,
[https://www.coroflot.com/planelles/
portfolio](https://www.coroflot.com/planelles/portfolio)

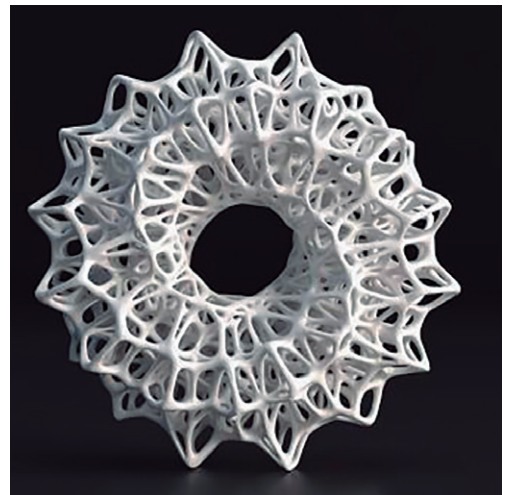
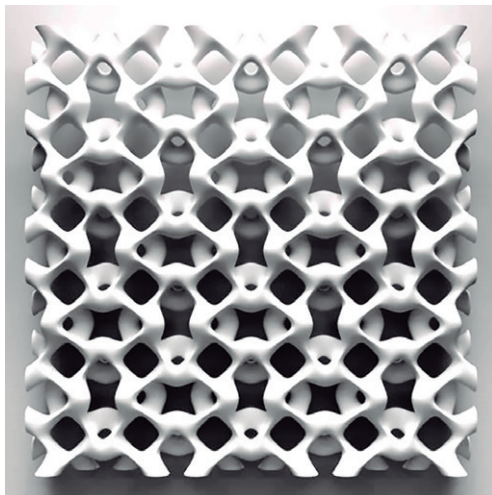
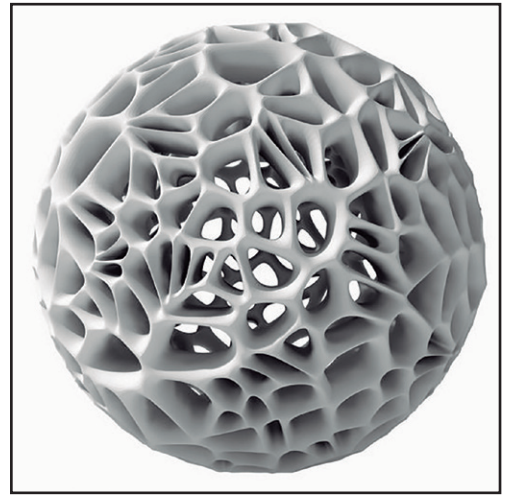
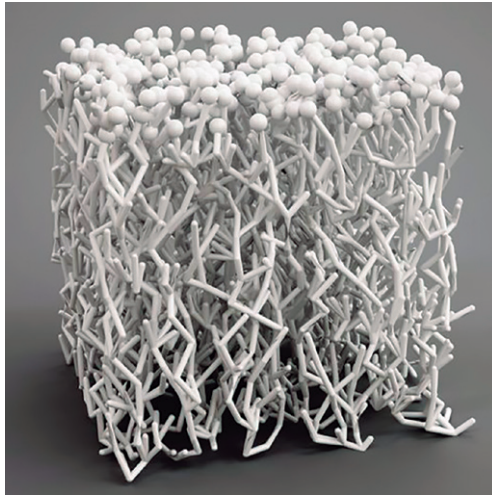


Imagen 8-61

Estructuras orgánicas.

Configuración paramétrica de formas orgánicas similares a las naturales.

Nota. Adaptado de Pinterest, 2020, <https://co.pinterest.com/pin/226798531212227876/>

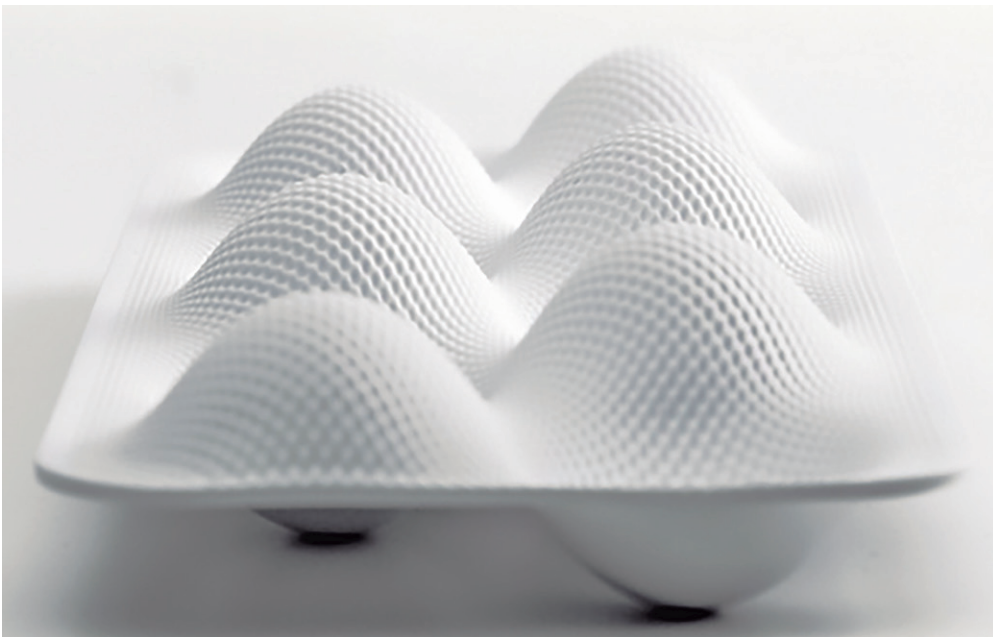
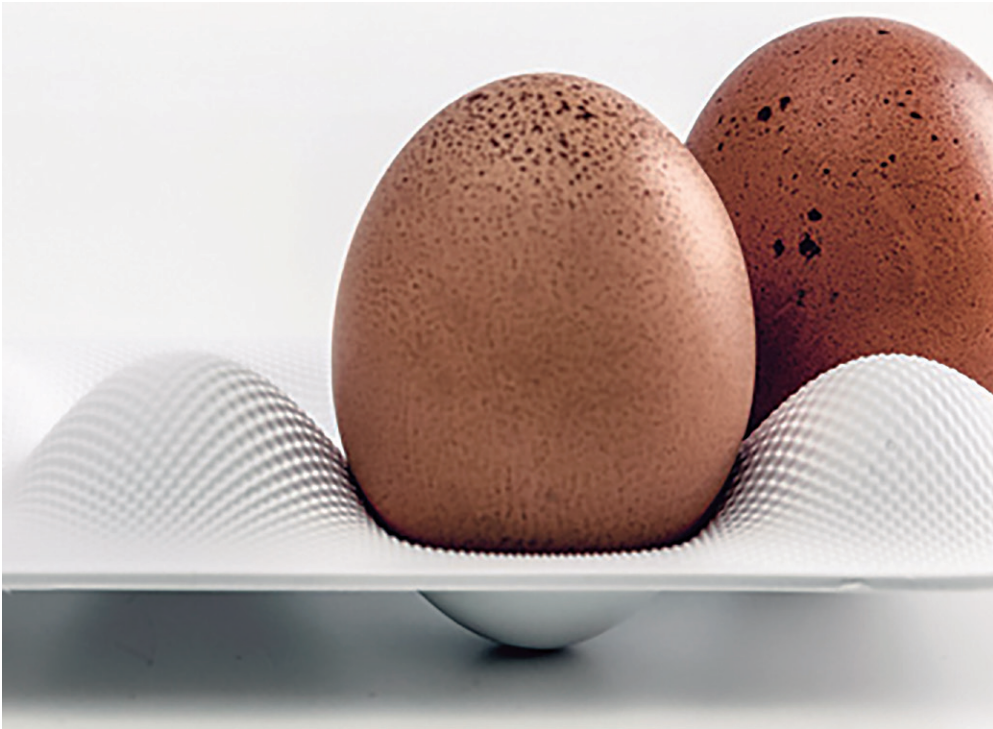


Imagen 8-62

Eggwave de WertelOberfell.

Empaque modular ondulado, configurado con diseño paramétrico y prototipado con impresión 3D. Se ha utilizado similitud y repetición de celdas modulares.



Imagen 8-63
Estructura modular.

En el diseño de la fachada se ha utilizado un módulo con forma de hexágono irregular, que por agrupamiento denota supermódulos o hipermodulación.

Nota. Adaptado de Lemanoosh, 2020, <https://lemanoosh.com/tagged/wall/>



Imagen 8-64

Panal de abejas.

Nota. Ilustración, 2020. Guevara Terranova Laura Valeria.

En la naturaleza se encuentran soluciones estructurales de alta eficiencia, tal es el caso de la colmena con celdas hexagonales cuyo diseño permite cubrir una área mayor, con el menor uso de recursos. El biomimetismo es la práctica de buscar inspiración en la naturaleza para resolver problemas de diseño de forma regenerativa, es decir que por analogía funcional, formal, física y química se plantean artefactos funcionales, como también materiales y procedimientos.

Referencias y fuentes bibliográficas

- Bosch J. (2005) *Biología y evolución floral*. Recuperado el 9 de enero de 2021 de <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/427>
- Consuegra, D. (1992). *En busca del cuadrado*. Ediciones Universidad Nacional de Colombia
- Definición ABC. Recuperado el 8 de enero de 2021 de <file:///C:/Users/educu/Downloads/427-Texto%20del%20art%C3%ADculo-821-1-10-20120929.pdf>
- Diccionario de la Lengua Española. (s.f.). *Simetría*. Recuperado el 8 de enero de 2021 de <https://dle.rae.es/simetr%C3%ADa>
- Diccionario Motor. (2020). *RUGOSIDAD - Definición - Significado*. Recuperado el 22 de diciembre de 2020 de <https://diccionario.motorgiga.com/diccionario/rugosidad-definicion-significado/gmx-niv15-con195455.htm>
- Elam, K. (2014). *Estudios sobre la proporción y la composición*. Editorial Gustavo Gili, S.L.
- Gillam R. (1970). *Fundamentos del diseño*. Editorial Victor Leru.
- Guevara, E. (2010). *Diseño industrial. Conceptos para construcción de la forma*. Ediciones Universidad Industrial de Santander.
- Grupo Swan. (2020). *Elementos imprescindibles de la música: El ritmo*. Recuperado el 4 de enero de 2021 de <https://gruposwan.com/elementos-imprescindibles-de-la-musica-el-ritmo/#:~:text=Se%20trata%20de%20un%20movimiento,resulte%20grato%20a%20los%20sentidos>
- Huertas F. (2008). *Desarrollo de un sistema modular de crecimiento tridimensional basado en la biónica de un grillo* [Tesis de pregrado, Universidad Industrial de Santander]. https://uids-primo.hosted.exlibrisgroup.com/primo-explore/fulldisplay?docid=uids_bucaramanga145546&context=L&vid=UIDS&lang=es_CO&search_scope=uids_completo&adaptor=Local%20Search%20Engine&tab=uids_tab&query=any,contains,fausto%20huertas&mode=Basic
- Imprenta Online 24. (30 de noviembre de 2021). *El contraste, repetición, alineación y proximidad en el diseño gráfico*. Recuperado el 4 de enero de 2022 de <https://blog.imprentaonline24.es/el-contraste-repeticion-alineacion-y-proximidad-en-el-diseno-grafico/#:~:text=La%20repetici%C3%B3n%20no%20es%20m%C3%A1s,lo%20largo%20de%20la%20composici%C3%B3n>
- Macnab, M. (2012). *Diseño inspirado en la naturaleza*. Ediciones Anaya Multimedia
- Olalquiaga, P. (2005). *El libro de las curvas*. Fundación Esteyco.
- Olkhovaja, E. (2005). *La unidad del mundo y la simetría*. *Franciscanum*. Revista de las ciencias del espíritu, 140, 75-84
- Pérez Porto, J. y Gardey, A. (2016). *Definición de retícula*. Definicion.de. Recuperado el 4 de enero de 2020 de <https://definicion.de/reticula/>
- Puente, R. (2008). *Dibujo y comunicación gráfica*. Editorial Gustavo Gilli.
- Ucha, F. (2020). *Definición de textura*. Definición ABC. Recuperado el 8 de enero de 2021 de <https://www.definicionabc.com/general/textura.php>
- Wucius, W. (1991). *Fundamentos del diseño bi y tri-dimensional*. Editorial Gustavo Gilli, S.A





Capítulo



Glosario

Imagen 9.0.
Nota. Homepmorfía, 2020. Guevara Terranova Laura Valeria.



A

ABSTRACCIÓN: Es una simplificación para la representación de una forma, esto se da por la necesidad de eliminar detalles para conservar el equilibrio; es una información representacional mínima, con mínimo grado de iconicidad, y no de manera eidética.

ACCESIBILIDAD: Tanto los objetos como los espacios deben diseñarse de manera que puedan ser utilizados, sin modificación alguna, por el mayor número posible de personas.

ADECUACIÓN: Propiedad según la cual las características físicas de un artefacto o de un contexto influyen en su función.

ADICIÓN: Añadidura de una cosa, puede ser entre formas de un diseño.

ALINEACIÓN: Colocación de elementos de manera que los extremos queden distribuidos equidistantes con líneas o planos de referencia, o bien en una dirección.

AMBIGÜEDAD: Que puede entenderse de varias formas, admitir distintas interpretaciones. Incierto, dudoso, espacio ambiguo que genera urgencia de organización de las formas.

AMETRÍA: No existe coherencia intraformal o interformal.

ANALOGÍA: Relación de semejanza entre principios de artefactos distintos.

ARTEFACTO: Toda configuración que se logra con intervención humana.

ARQUETIPO: Patrones o modelos que se usan como referentes estéticos.

ATMÓSFERA: Espacio virtual al que se extienden las influencias de un objeto con relación a otro o al plano de imagen dentro de una composición.

AUTOSIMILITUD: Propiedad según la cual una forma se compone de partes similares al todo o entre sí.

B

BASE: Línea o superficie en la que descansa una figura, sirve como referencia para determinar su altura; puede ser interpretada como el fundamento teórico o técnico para ejecutar un proyecto.

BIFURCACIÓN: Punto en donde la estructura del diseño presenta una división de conceptos, figuras y formas en dos o más partes sin perder su esencia.

BIOMIMÉTICA. Tomar como referencia la naturaleza para configurar por analogía artefactos formales y funcionales.

BIÓNICA: Tomar como referencia los seres vivos para configurar artefactos.

BRILLO: Lustre o resplandor usado para resaltar uno o más elementos de gran importancia en el diseño.

C

CANON: Es una medida base que se toma para medir o comparar artefactos de forma proporcional. Paradigma de seguimiento.

CARA: Plano físico definido por los artistas y vértices en un sólido 3D.

CATAMORFÍA: Artefactos que están relacionados inter o intraformalmente y que se han configurado con elementos comunes.

CENTRO: Es el punto interior más distante de la superficie exterior de un objeto; en diseño se puede hablar del centro de atención, que se refiere al punto más importante o atractivo del trabajo.

CIERRE: Tendencia a percibir un conjunto de elementos diferentes entre sí como un patrón único e identificable y no como múltiples elementos individuales.

CICLO VITAL: Los artefactos experimentan un progreso secuencial de cuatro etapas a lo largo de su existencialidad: introducción, desarrollo, madurez y declive.

COLOR: Manera como la luz es reflejada y percibida por el ojo a través de la superficie de una figura o forma, esto puede estar relacionado con su pigmentación por aplicación de la tinta o pintura. El color, en sentido amplio, incluye no solo las tonalidades del espectro, como lo son el rojo, naranja, amarillo, verde azul y púrpura, sino también el negro, blanco y los tonos de gris.

COMPARACIÓN: Método para ilustrar las relaciones y los patrones en los sistemas de comportamiento mediante la representación de dos o más variables de un modo controlado. Relación de proporcionalidad de crecimiento escalar.

COMPOSICIÓN: Resultado visual generado con la disposición de figuras o formas en un marco de referencia con el uso consciente de una estructura formal, semiformal o informal. Utilización de elementos eurítmicos como las retículas y las proporciones.

CONCENTRACIÓN: Es la ubicación de varias formas en una parte específica de un diseño, esta ubicación está determinada por ejes o puntos principales.

CONCENTRICIDAD: Disposición de figuras o formas con una densidad en un punto, líneas o áreas predeterminadas para obtener una composición dirigida a un foco.

CONCURRENCIA: Juntarse en un mismo lugar de interés diferentes formas.



CONEXIÓN: Punto donde dos o más elementos se unen para dar continuidad formal o conceptual a una estructura o composición.

CONFIRMACIÓN: Técnica para evitar acciones no intencionadas, que consiste en exigir la verificación de las acciones antes de llevarlas a cabo.

CONSISTENCIA: La utilidad de un sistema mejora cuando las partes similares del mismo se expresan de modos semejantes.

CONSTANCIA: Tendencia a percibir los objetos como inalterables a pesar de los cambios de los mensajes sensoriales.

CONTINUACIÓN: Los elementos distribuidos en línea recta o en una curva suave se perciben como un grupo más compacto que los elementos que no se inscriben en esa línea o curva.

CONTINUIDAD: Repetición de formas unitarias en una o más direcciones. La continuidad en una o más direcciones establece un borde. La continuidad en cuatro y seis direcciones establece un volumen que abarca el espacio.

CONTORNO: Línea continua evolutivamente que se dobla y se curva definiendo un espacio que puede estar lleno o vacío; se pueden describir contornos básicos, como son el círculo, el cuadrado y el triángulo.

CONTRALUZ: Aspectos de las cosas vistas desde el lado opuesto a la luz, lo que produce un fondo claro o brillante y que el objeto se vea oscuro y opaco.

CONTRASTE: Es solo una clase de comparación por la cual las diferencias se hacen claras; una forma se destaca de otra, mediante recursos como el tamaño, el color, la textura y demás elementos visuales. El contraste en un diseño se utiliza para resaltar una forma, un espacio, una área o un punto.

CONTROL: El nivel de control proporcionado por un sistema debe guardar relación con la eficacia y los niveles de experiencia de las personas que utilicen dicho sistema. El medio de dirección de un artefacto. Método de construcción artefactual argumentada.

CONTRAPICADA: Enfoque que se hace de un objeto desde su base hacia arriba.

CONVERGENCIA: Proceso en el cual características artefactuales similares evolucionan de forma independiente en diferentes sistemas.

D

DENSIDAD: Cantidad de formas por área o volumen; entre más densidad hay, más saturación. Grado de compactación y peso por volumen de un artefacto.

DESTINO COMÚN: Los elementos que se mueven en la misma dirección se perciben como más relacionados entre sí que los que se mueven en direcciones distintas o que se encuentran inmóviles.

DISTANCIAMIENTO: Las formas quedan separadas entre sí, aunque pueden estar muy cercanas.

DISTORSIÓN: Alteración de un diseño o de una de las formas que lo componen.

DISTRIBUCIÓN NORMAL: Término empleado para describir un conjunto de datos que, cuando se trazan gráficamente, configuran una curva simétrica en forma de campana.

E

ENFOQUE: Dirigir un foco de la luz hacia un objeto o cosa, orientar un diseño para que transmita una idea determinada o siga unos parámetros establecidos.

ENLACE: Conexión entre una forma y otra.

ENCUADRE: Técnica que influye en la toma de decisiones y en los juicios mediante la manipulación del modo de presentar la información.

EQUIDISTANCIA: Igualdad de distancias entre uno o más objetos.

EQUILIBRIO: Balance; el hombre por naturaleza tiende a buscar el equilibrio. Todo posee un centro de gravedad, pero nada es tan exacto como la sensación de estabilidad. El equilibrio visual se logra con formas simétricas, aunque también se puede lograr con la distribución equidistante de formas en una área o en un espacio.

ESCALA: La escala es un factor de medida en el cual se varía el tamaño proporcionalmente a un artefacto de referencia.

ESPACIO: Vacío que hay rodeando las formas y entre ellas, no obstante, las formas pueden ser tomadas como espacio ocupado (positivo) y los vacíos como espacio libre (negativo). Lugar que ocupa un artefacto tridimensional.

ESPECIE: Cada uno de los grupos de formas que conforman una categoría de clasificación; entre las formas existe similitud.

ESTÉTICA EN LA USABILIDAD: Los artefactos con mejor estética parecen más fáciles de utilizar que los artefactos con baja estética.

ESTRUCTURA: Manera de disponer las formas en un orden específico para obtener formas complejas de alta resistencia con elementos simples.

EURITMIA: Configuración artefactual armoniosa y con buena forma.



EVOLUCIÓN: Continuo perfeccionamiento de un diseño por la utilización de nuevos recursos o la redistribución de los existentes; es afinar y depurar las formas.

F

FALACIA DE LA ESCALA: Tendencia a dar por sentado que un sistema que funciona a una escala determinada también funcionará a una escala más pequeña o más grande.

FIGURA-FONDO: Los elementos se perciben como figuras cuando son ubicados en un primer plano, discriminándose las formas con nitidez, o como fondo cuando se ubican en planos posteriores y se perciben de forma difusa.

FORMA: Todo lo que encierra los elementos que se pueden ver; puede ser como punto, línea, plano, volumen, clases geométricas, orgánicas, entre otras.

FRACTAL: El fractal es, matemáticamente, una figura geométrica que es compleja y detallada en estructura a cualquier nivel de magnificación. A menudo los fractales son semejantes a sí mismos, esto es, poseen la propiedad de que cada pequeña porción del fractal puede ser visualizada como una réplica a escala reducida del todo. Existen muchas estructuras matemáticas que son fractales: el triángulo de Sierpinski, la curva de Koch, el conjunto Mandelbrot, los conjuntos Julia y muchas otras. La característica que fue decisiva para llamarlos fractales es su dimensión fraccionaria. No tienen dimensión uno, dos o tres como la mayoría de los objetos a los cuales estamos acostumbrados. Los fractales tienen usualmente una dimensión que no es entera.

FRAGMENTACIÓN: Técnica que consiste en combinar unidades de información en un número ilimitado de unidades o fragmentos, de modo que la información resulte más fácil de procesar y recordar.

FUNCIÓN: Actividad particular de cada elemento u objeto dentro de una composición o entorno. Propósito para lo que se ha concebido el artefacto.

FUNCIONALIDAD: Metodología ligada a consideraciones económicas y a la regla de la utilidad. En diseño, es la efectividad que cumple un objeto en cuanto a la necesidad para la cual fue creado. Entre mayor es la funcionalidad, mejor usable es el artefacto.

G

GÉNERO: Conjunto de seres o artefactos que tienen uno o varios caracteres comunes.

GRADACIÓN: Cambio gradual de una serie de formas unitarias en secuencia ordenada.

GRAVEDAD: Pesadez o ligereza de una forma que produce los efectos de inestabilidad y

movimiento o estabilidad y equilibrio.

GRAFO: Conjunto de vértices y aristas que conforman una red, una malla o una estructura reticular continua o discontinua.

GRUPO: Conjunto de formas con características comunes en un mismo lugar.

H

HOMEOMORFÍA: Igual forma, diferente dimensión.

HORIZONTALIDAD: Cuando el mayor desarrollo de un volumen se hace en planos horizontales. Ubicación de un conjunto de puntos a una misma altura.

HORIZONTE: Puede ser un borde horizontal que divida el plano pictórico, sugiere división entre las pinturas. En el campo de la perspectiva, si la figura se acerca al horizonte se vuelve más pequeña, si se aleja se agranda. En el horizonte se ubica el punto de fuga de observador.

I

ÍCONO. Representación esquemática de un evento, un funcionamiento o un procedimiento; imágenes sintéticas para facilitar la identificación y el recuerdo de señales y controles.

ILUMINACIÓN: Cantidad de la luz que entra o hay en un lugar; distribución de la luz.

IMITACIÓN: Acción de copiar propiedades de artefactos, organismos o entornos conocidos con el fin de comprender los beneficios específicos que proporcionan dichas propiedades, con el propósito de configurar por analogía.

INTERSECCIÓN: Es una especie de penetración, pero solamente es visible la porción en que ambas formas se cruzan entre sí.

INTERFERENCIA: Interrupción del flujo controlado en un evento o en una composición.

INDULGENCIA: Los diseños deben ayudar a las personas a evitar errores y minimizar sus consecuencias negativas cuando estos se producen.

INSTRUCCIONES: Relación entre los controles y sus movimientos o efectos.

ISOMORFÍA: Artefactos iguales en forma y dimensión sin invarianza de escala.

ITERACIÓN: Proceso que consiste en repetir un conjunto de operaciones hasta lograr



un resultado concreto.

J

JERARQUÍA: Orden o grado de las distintas formas de un conjunto, que le otorga más importancia a unas que a otras.

L

LEGIBILIDAD: Presentación de los artefactos sin que se preste para ser percibidos con errores de lectura; interfaz clara, directa y concisa.

LIMITACIÓN: Método para reducir las acciones que se pueden llevar a cabo en un sistema, o la restricción en un parámetro de diseño.

LÍMITE: Frontera o fin de una forma o un diseño.

LÍNEA: Cuando un punto se mueve, su recorrido se transforma en una línea. La línea tiene largo pero no ancho, tiene posición y dirección y forma los bordes de un plano.

LUZ: Energía radiante que un observador percibe a través de las sensaciones visuales; es la herramienta con la cual se resalta o ilumina cualquier elemento de una composición.

M

MALLA: Cada una de las celdas que forman el tejido de una red. Cuerdas, alambres o líneas trabajadas en red.

MARCO: Borde que rodea una composición, puede ser el borde del papel que contiene el diseño o un marco lineal dibujado especialmente, que define el área del diseño o el límite tridimensional que encierra un producto.

MATRIZ: Molde y procedimiento para construir una forma.

METAMORFOSIS: A través de pasos sutiles, una forma se transforma en otra, convirtiéndose a menudo en una imagen positiva de la figura de fondo alrededor de la forma original; puede ir acompañada por cambios graduales de luz y oscuridad.

MÉTODO: Conjunto sistematizado de operaciones orientadas a obtener un resultado.

MIMETIZACIÓN: Efecto mediante el cual se oculta un artefacto dentro de un entorno o espacio, aplicando propiedades, rasgos o características similares del contexto.

MODELO: Ejemplo o forma que se sigue en la ejecución de una obra artística o en un diseño; artefacto de referencia.

MODULARIDAD: Método para controlar la complejidad de un sistema, que consiste en dividir los grandes sistemas en múltiples sistemas de menor tamaño.

MÓDULO: Son formas idénticas o similares entre sí, formas unitarias que aparecen más de una vez en el diseño, los cuales deben ser simples. Agrupar muchos módulos en repetición puede dar la sensación de textura.

MOVIMIENTO: Es un elemento visual muy fuerte y frecuente, puede ser el movimiento común o aquel que nos engaña dándonos sensaciones de textura o de perspectiva y luz. El movimiento gráfico que observamos es simplemente la combinación de tensiones y ritmos compositivos de datos visuales, en sí, algo fijo e inmóvil. También puede entenderse como una opción de diseño que sigue ciertos postulados. Ejemplo: racionalismo funcional, modernismo y *art nouveau*.

N

NEGATIVO: Figura vacía limitada por áreas; espacio que no está relleno u ocupado.

NEUTRALIDAD: Se conoce como la falta de contraste en un diseño. En sí, toda la composición con un marco poco provocador puede traer la atención del observador, esta se puede ver perturbada por un punto de acento que llama la atención.

O

ORDEN: Correcta disposición de las formas entre sí en un diseño o composición, también denota una secuencia racional de uso

ORIGEN: Principio, procedencia, raíz o causa de una forma.

ORGANIZADOR PREVIO: Técnica de instrucciones que ayuda a entender la información nueva a partir de la ya conocida.

P

PANEO: Movimiento en el cual por medio de una cámara se sigue la trayectoria de un artefacto, por una trayectoria lineal o por un espacio dirigido.

PARADIGMA: Ejemplo o ejemplar. Conjunto de formas que sirven de modelo en los diversos tipos de flexión. Conjunto virtual de elementos que puede aparecer en un mismo contexto y en el mismo lugar.

PARALELISMO: Se aplica a las líneas o planos equidistantes entre sí y que, aun



prologadas al infinito, no podrían nunca encontrarse.

PATRÓN: Magnitud que se toma convencionalmente como unidad de medida de otras magnitudes de la misma especie.

PENDIENTE: Ángulo de inclinación de una línea o plano respecto al horizonte.

PENETRACIÓN: Igual que la superposición, pero ambas formas parecen transparentes. No hay una relación de arriba o abajo entre ellas, y los contornos de las figuras creadoras siguen visibles.

PENUMBRA: Sombra débil e indeterminada entre la luz y la oscuridad.

PERFIL: Postura con respecto al observador en la cual solo se ve una de las mitades laterales de un objeto.

PERÍMETRO: Contorno de cualquier superficie; longitud del contorno de una figura.

PERPENDICULAR: Las líneas, planos u objetos que forman entre sí ángulos rectos.

PERSPECTIVA: Modo de dibujar objetos de la forma más real posible. Existen perspectivas cónicas con uno, dos y tres puntos de fuga, y perspectivas paralelas, como la isométrica y la caballera

PESO: Fuerza de atracción que ejerce una forma sobre otra; en un diseño se puede interpretar como la sensación que percibimos de lo liviano o pesado que es un objeto o una forma.

PICADA: Enfoque que se hace de un objeto desde su parte superior hacia abajo.

PIRÁMIDE INVERTIDA: Método de presentación de la información en el que esta aparece en orden descendente de importancia.

PLANO: Superficie plana formada por los puntos situados a una misma altura, tienen posición y dirección, está limitada por líneas. Una forma plana está contenida en una superficie plana.

POSICIÓN: Colocación de figuras o formas en situaciones específicas dentro de un marco de referencia, coordenadas y lateralidad.

POSICIÓN CONSECUTIVA: Fenómeno de la memoria según el cual los elementos presentados al principio y al final de una lista son más fáciles de recordar que los del centro, principio clave para la configuración de mandos y contoles secuenciales.

POSITIVO: Respecto a la forma, hace referencia a una figura rellena con color, dibujo y textura; con respecto al espacio, se refiere aun lugar ocupado por una figura rellena y una forma positiva.

PREGNANCIA: Percepción simplificada de estímulos. Tendencia a interpretar las imágenes ambiguas como si fuesen sencillas y completas en lugar de complejas e incompletas.

PROPORCIÓN: Se da en razones numéricas simples 1:3, 1:2; es muy conocida al respecto la serie Fibonacci, que contiene una progresión rítmica; un ejemplo: girasol, pino, piña.

PROTOTIPOS: Configuraciones previas y simplificadas que permiten visualizar las características funcionales y formales que tendrá un artefacto.

PROXIMIDAD: Cercano o poco distante en el espacio de una forma con otra. Los elementos cercanos entre sí se perciben como más relacionados que los que están muy separados.

PUNTO DE FUGA: Es el punto al cual llegan o convergen los rayos visuales en el dibujo de una perspectiva.

PUNTO DE VISTA: Es aquel en donde se encuentra ubicado el observador.

R

RAÍZ: Parte de cualquier forma, de la cual, quedando oculta, precede lo que está manifestando. Parte inferior o pie de cualquier forma. Origen o principio del que procede una forma.

RADIACIÓN: Es la disposición de los elementos dispuestos con relación a uno o varios centros.

REALCE: Técnica para llamar la atención sobre un área o un lugar en el espacio.

RED: Es la repetición de formas modulares, que se ubican siguiendo un orden específico con ritmo simple o ritmo alternado.

REDUNDANCIA: Uso de más elementos de los necesarios a fin de mantener el rendimiento de un sistema en caso de fallo de uno o más elementos del mismo. Saturación con artefactos en un área o en un volumen.

REFLEXIÓN: Dar vuelta a una figura para producir su imagen refleja.

REGLA DE LOS TERCIOS: Técnica de composición en la que un medio se divide en tercios, creando así posiciones estéticas para los elementos principales del diseño.

REPETICIÓN: Uso repetido de una forma, la repetición puede ser de una figura, tamaño y textura, puede ser en su dirección, posición, espacio y gravedad.

REVELACIÓN PROGRESIVA: Estrategia para controlar la complejidad de la información, que consiste en mostrar únicamente la información necesaria o requerida en un momento dado.



RITMO: Se puede dar como una repetición, se relaciona con la periodicidad y frecuencia que se presenta en los módulos, es importante para generar un equilibrio en la composición, se puede dar por progresión (tamaño, grosor, color, textura) o alternación (tamaño, color, textura, grosor).

ROTACIÓN: La forma gira alrededor de un eje sin cambiar su posición.

RUIDO: Perturbación en una composición que interfiere en la percepción armoniosa de las formas, es como una anomalía que aparece en un diseño con el objeto de crear áreas o puntos de interés.

S

SATISFACCIÓN: Por lo general, es preferible conformarse con una solución satisfactoria que buscar una solución óptima.

SECCIÓN ÁUREA: División proporcional de una línea en dos segmentos por medio del número Phi 0,618.

SERIE: Conjunto de formas relacionadas entre sí y que se suceden unas con otras.

SIMETRÍA: Es el concepto de diseño, donde de un eje divide la figura o la forma en dos partes idénticas o reflejadas. Propiedad de equivalencia visual entre los elementos que se usan para configurar artefactos.

SIMILITUD: Las formas siguen un patrón haciendo que se parezcan entre sí pero sin ser idénticas, ejemplos de la naturaleza son los árboles, que tienen hojas y estructuras similares, pero no iguales.

SÍNTESIS: Son las sensaciones espaciales actuando sobre el plano pictórico, almacenamiento, variedad de experiencias, manipulación de puntos, formas y líneas, variando color, posición y textura. Es la forma final producto de un análisis y procedimientos argumentados.

SOMBRA: Proyección oscura que un cuerpo manda por el espacio, de dirección opuesta a aquella por donde viene la luz.

SOPORTE: Apoyo o sostén de una forma. En una composición puede ser el formato que contiene a las formas.

SUBMÓDULO: Son los elementos más pequeños que son usados en repetición y dan forma al módulo.

SUCESIÓN: Circunstancia de estar una forma tras otra en el plano o en el espacio.

SUPERMÓDULO: Al ser organizados los módulos en un diseño, se agrupan y dan origen a una forma más grande denominada supermódulo.

SUPERPOSICIÓN: Cuando una forma con perímetro definido se coloca encima de otra, tapándola parcialmente, de tal manera que la forma superpuesta se observa en segundo plano y la forma que se superpone se ve en primer plano.

T

TAMAÑO: Dimensiones de una forma, su magnitud y pequeñez son comparativas.

TANGENCIA: Situación de dos formas cuyos bordes están en contacto entre sí sin superponerse.

TEXTURA: La textura es un elemento visual, de aspectos singulares que dan referencia de la superficie de un material. Es el grado de aspereza con que se percibe una forma.

TOPOLOGÍA: Estudio de las propiedades de los espacios. Continuidad de contornos.

TOQUE: Es cuando dos figuras eliminan el distanciamiento entre ellas para así acercarse la una a la otra y producir un contacto, bien sea en un punto, una arista o un plano.

TRANSICIÓN: Paso paulatino de una forma a otra, como pasar de un cubo a una esfera, al final son dos formas que se perciben como una sola sin cambios bruscos en su superficie.

U

UNIFORMIDAD: Es cuando dos o más formas tienen características similares o iguales.

USO: Práctica o ejecución de las funciones o propiedades de un objeto.

USABILIDAD: Facilidad y comprensión de la interfaz del artefacto para entenderlo y usarlo.

V

VÉRTICE: Punto de intersección de dos aristas.

VERTICALIDAD: Cuando las estructuras de un diseño se basan en planos verticales en su mayor parte.

VOLUMEN: Espacio 3D limitado por planos.



Eduardo Serafín Guevara Melo



