



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
ESCUELA NACIONAL DE ARTES PLÁSTICAS

**Análisis
geométrico de las
obras de
M.C.Escher**

Tesis que para obtener el grado de Maestro en Artes Visuales con
orientación en Comunicación y Diseño Gráfico

Presenta:

Adriana Paredes Martínez

Director: **Fernando Zamora Águila**

mayo de 2006



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: Adrián Pardo Martínez

FECHA: 6 Junio 2008

FIRMA: 

A MI FAMILIA: su amor incondicional y guía que me han llevado a conseguir todos mis logros.

A MI HERMANO: por ser mi *gordo*.

A SERGIO: mi mejor amigo y maestro, por compartir conmigo tu visión, experiencia y fuerza.

A VERO, IJILÚ, VÍCTOR, IVÁN Y GABY: por formar parte de mi vida y por todo el apoyo brindado.

AL MAESTRO Fernando Zamora: por su guía y enseñanza de gran valor en mi formación.

A MI MAESTRA Luz del Carmen Vilchis: gracias por su paciencia, apoyo, enseñanza y por brindarme el ejemplo y motivación hacia la investigación.

FLOR: mi hermana, gracias por siempre estar y ser mi incondicional.

CLAUDYA: amiga entrañable, gracias por compartir mis sueños.

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE

Introducción	9
Capítulo I Universo geométrico	13
1.1. Significado de la geometría	14
1.2. Antecedentes de la geometría	16
1.3. Diferentes modos de ver a la geometría	21
1.4. Geometría y sus aplicaciones	35
Capítulo II La forma geométrica	41
2.1. La geometría en la naturaleza	42
2.2. Las formas geométricas	46
2.3. Conocimiento y clasificación de la forma	48
2.4. Manipulación y metamorfosis en la forma	51
Capítulo III Pensamiento visual y conceptual de Escher	59
3.1. Escher: persona artista y geómetra	60
3.2. Géneros y temática en la obra de Escher	63
3.3. Pensamiento visual de Escher	68
3.4. Pensamiento conceptual de Escher	76
Capítulo IV La geometría en la sustentación de la forma en Escher	83
4.1. Las transiciones geométricas de Escher	84
4.2. Evolución II	85
4.3. Ciclo	96
4.4. División	108
Conclusión	121
Glosario	125
Bibliografía	129

INTRODUCCIÓN

*Decía la inscripción en la puerta de la escuela pitagórica "QUIEN NO SEPA
GEOMETRÍA QUE NO ENTRE"*

Considero que toda investigación surge de la inquietud por explorar un tema que forma parte de nuestro quehacer cotidiano ya sea porque nuestra profesión se inmiscuye en ello o por el simple hecho de aventurarse explorando nuevos campos del conocimiento que reafirmen nuestras posturas o proponer nuevos juicios más allá de nuestra experiencia, asimilándolos a favor de generar una razón lógica aunada a una sensible y humanizada.

Enseñar geometría fue un caso fortuito, dedicarme a ella ha sido un gusto que no solo cubre mis inquietudes cognitivas, por el contrario, quien se involucra con ella lo hace de manera interdisciplinaria, cuestión que pude constatar al desarrollar este proyecto. Decía la inscripción en la puerta de la escuela pitagórica "QUIEN NO SEPA GEOMETRÍA QUE NO ENTRE" esta frase está por encima de la respuesta "sí" o "no" entiendo geometría; considero que todo aquel que utiliza la forma como medio de representación visual se ha enfrentado en menor o mayor grado a la búsqueda de soluciones para sustentar y estructurar la forma; es aquí que surge la esencia de esta investigación al plantear que así como existe un lenguaje que permite comunicarnos por la vía gramatical o verbal, la comprensión y aplicación del conocimiento geométrico se deriva en un lenguaje gráfico de tres vertientes: a través de un lenguaje euclidiano, el lenguaje descriptivo y el lenguaje no euclidiano. Esto nos lleva al objetivo principal: reflexionar: si hacemos uso de estos tres idiomas, sabremos que los límites en el manejo de las formas no son problemas de inspiración. De hecho, aquí estriba la diferencia entre conocer la forma y ser manipulador de la imagen

a través de ella. Escher lo sabía muy bien, ya que el dominio de estos lenguajes geométricos en sus obras muestran los alcances formales en una imagen, conjugando transformación, comprensión y uso del espacio, pero siempre sustentados en un razonamiento matemático y conceptual.

No pretendo manifestar todas las posibilidades geométricas en el aspecto visual porque sería imposible, tampoco convencer de la importancia que tienen; solamente lograr un acercamiento hacia la geometría vislumbrando un panorama más allá de los estereotipos rígidos y esquemáticos de la ciencia, no solo compartiendo la fascinación de los alcances que se obtienen sino explorar sus vínculos con otras disciplinas en un análisis bajo el punto de vista geométrico y conceptual, mismo que he desglosado en cuatro capítulos:

En el primer capítulo hablo a manera de introducción acerca del significado de la geometría así como un esbozo general de los acontecimientos geométricos por etapas históricas y sus principales representantes, se presenta una taxonomía geométrica con sus respectivos ejemplos para establecer un antecedente que permita conducirnos posteriormente en un campo semántico común para los siguientes capítulos.

En la segunda parte se toma en cuenta los fundamentos geométricos para establecer los parámetros de la forma desde su origen natural hasta la intervención del hombre que ha llevado a estudios más complejos involucrando manipulación y transformación de la forma por medio de la simetría y topología respectivamente.

El capítulo tres establece el objeto de estudio con el manejo de conceptos; es decir, describo, clasifico

y analizo a Escher personal y gráficamente desglosando dos pensamientos: el visual y el conceptual tratando temas concernientes a la imagen así como conceptos involucrados en la temática de su obra

Y por último, el cuarto capítulo engloba todo el estudio anterior en un análisis conceptual, formal, y geométrico de tres obras de Escher abarcando a su vez los tres lenguajes geométricos: el euclidiano, descriptivo y no euclidiano.

Ciertamente, el desarrollo del tema se generó a partir de una investigación teórica a través de áreas íntimamente ligadas con la geometría e incluso con muchas otras que aparentemente no lo están. Filosofía, arquitectura, diseño fueron principalmente las ramas del conocimiento que enriquecieron los contenidos de cada uno de los capítulos; música, biología y psicología influyeron directamente con conceptos que dejan tan claro que el conocimiento no es propio de una disciplina y que las especialidades solo son una de tantas vertientes para presentar argumentos a requerimientos específicos. La vinculación de los conocimientos adquiridos con la experiencia personal generó el análisis geométrico respaldando los argumentos conceptuales de Escher y creo que nos acercó a algunas de las vías que pudieron conducirlo a solucionar visualmente su trabajo.

capítulo I.
UNIVERSO
GEOMÉTRICO

Ni la ciencia es completamente racional, ni el arte enteramente irracional. Saltarán a la vista las divergencias y similitudes, si diferenciamos entre la creación y la aplicación de conocimientos. El geómetra y el artista, por ejemplo, despliegan sus fuerzas irracionales (imaginación e intuición) para poner algo nuevo en el mundo (para crear). Pero un físico, un arquitecto o un pintor, puede estar aplicando simplemente la geometría, o sea, actuando racionalmente.

1.1. Significado de la geometría

El propósito de este apartado radica en dar una definición de geometría; y exponer sus implicaciones más allá de aquéllas derivadas de las Matemáticas; mas allá de métodos básicos, líneas y planos; más allá de los recursos escolares en apoyo de las matemáticas; se presenta más bien, como un recurso creativo en sí mismo, que da múltiples posibilidades visuales.

Sin duda considerada una de las disciplinas más antiguas, la geometría ha sido objeto de estudio a lo largo del tiempo; para algunos como algo fascinante, y para otros como una limitante para la creatividad, ya que al considerarse ciencia, se entiende o relaciona como una manifestación rígida, fría y sin expresión; utilizada solamente por otras ramas dedicadas igualmente a aspectos científicos.

Sin embargo, recordemos que todas las formas conocidas por el hombre son abstracciones de la naturaleza y ésta es el ente con mayor creatividad y perfección dentro de nuestra existencia. El hombre con la geometría, ha imitado y retomado estas formas para sus propios fines; por lo que el calificativo de "frío" dista mucho de la verdadera esencia del conocimiento geométrico

Esta reflexión va enfocada a la relación entre geometría y creador (artista o diseñador), mezcla entre lo objetivo y lo subjetivo.

Ni la ciencia es completamente racional, ni el arte enteramente irracional.

Consecuentemente, comparten actividades irracionales, como las de la imaginación e intuición, ambas estrechamente unidas a la razón que las encauza.

Saltarán a la vista las divergencias y similitudes, si diferenciamos entre la creación y la aplicación de conocimientos. El geómetra y el artista, por ejemplo, despliegan sus fuerzas irracionales (imaginación e intuición) para poner algo nuevo en el mundo (para crear). Pero un físico, un arquitecto o un pintor, puede estar aplicando simplemente la geometría, o sea, actuando racionalmente. De tal suerte que permanecerá en lo racional sino crea, o bien lo racional habrá impulsado las fuerzas irracionales, si hay creación¹.

Si se habla de que ciencia y arte están estrechamente unidos, esta relación es patente en la ciencia geométrica y el arte del creador de imágenes; la geometría es claro ejemplo de que la ciencia que contiene sus propios principios, al ser incluida en la actividad del artista deja a un lado el pensamiento racional que no permite variantes en su aplicación; y, se da paso a la manipulación libre de procedimientos geométricos, combinando lo racional con lo irracional; es decir, la aplicación de conocimientos con la creación. Coherente o ilógica puede ser la geometría; los límites o alcances de su aplicación recaen en quien la utiliza.

Para comprender mejor este desarrollo, definiremos primero a la geometría etimológicamente:

El origen de la geometría va implícito en su mismo nombre, que proviene de las palabras griegas *ge*, que significa tierra, y *metrein*, medida. Al principio la Geometría fue, realmente, el arte (no la ciencia) de medir

¹ACHA, Juan. "El Geometrismo reciente y latinoamérica" en *El Geometrismo Mexicano*, UNAM, México, 1977, p. 33

la Tierra y consistía en una colección desorganizada de reglas para calcular áreas y volúmenes simples, y en realizar algunas construcciones sencillas².

No obstante, la aplicación de la geometría no paró en medir tierras y terrenos; para entender su influencia en todo lo que nos rodea, mencionaré tres palabras: cuadrado, triángulo y círculo. Estas son las tres formas básicas de las cuales surge cualquier imagen o representación visual que hayamos observado, ya que son abstracciones que sustentan una idea materializada visualmente.

La geometría justifica y soporta cualquier imagen. Podríamos considerarla el "traductor" que conduce un proceso mental hacia un proceso gráfico. Desde el momento en que el creador concibe una idea, empieza la búsqueda de solución o resolución, encontrar medios y elementos formales para materializar esa idea; en este proceso interviene la geometría estructurando poco a poco cada fragmento de esa imagen concebida en la mente y representada en el soporte; el lenguaje de que se sirve para "traducir" este lenguaje gráfico-mental son puntos, líneas y planos visuales además de sus generatrices geométricas; es decir, así como en el lenguaje se hilan vocales y nos dan palabras y éstas a su vez frases, los elementos constructivos siguen la misma relación, pero formal y de trazo, para llegar a un enunciado gráfico que dé por resultado la imagen concebida en nuestra imaginación.

Delimitamos a la imagen en un aspecto mental o visual; en ambos casos es la intermediaria entre espectador y creativo, puede ser relatada, representada, admirada, plasmada, pero lo más asombroso es que puede dar a conocer cosas, formas e incluso mundos que sólo cada individuo puede concebir en su interior, y precisamente la capacidad de volver esta imagen algo real o tangible a través de la forma gráfica, es el mérito y la distinción entre pensador y pensador visual, cuyas variantes son infinitas.

Plasmar la imagen en el soporte bidimensional conlleva la utilización de elementos formales y constructivos para distribuir, organizar y sustentar la forma que en conjunto será la imagen final. En este sentido la geometría ofrece procedimientos de trazo que solucionan problemas de representación gráfica no limitando la generación y desarrollo de propuestas visuales y su construcción.

Puede decirse que la geometría es con respecto a las artes plásticas lo que la gramática es con respecto al arte del escritor³.

Considerando a la gramática como el arte que enseña a hablar y escribir correctamente, se entenderá su importancia y desempeño indispensable para que la labor del escritor se lleve a cabo; la enseñanza de la geometría equivale a "hablar" y "escribir" gráficamente, a la capacidad de desenvolvernos dentro de un plano con precisión, libertad y sin titubeos sustentando la imagen, equivale a hablar sin tartamudear.

Cabe señalar que la geometría encierra un lenguaje que parte de puntos, líneas y planos que llevan a la generación de cuerpos en el espacio; sea éste bidimensional o tridimensional.

No hay que olvidar que el productor de mensajes visuales necesita las aportaciones de esta ciencia, no sólo como un medio para alcanzar un fin; entendiéndola en todo el sentido expresivo y propositivo, que manifiesta su trascendencia incluso en la generación o gestación de mundos más allá de nuestra realidad lógica y espacial.

Cuando hablamos de espacio, independientemente de su definición, nos remitimos a disciplinas como la arquitectura y el diseño (gráfico o industrial) que de diversas maneras se desempeñan y conducen en la espacialidad y comparten el término de creadores,

²C.R. Wylie. *Fundamentos de Geometría*. Troquel, Argentina, 1968, p. 11

³RODRÍGUEZ FRAMPOLINI, Ida. *El Geometrismo Mexicano*. op.cit, p. 19

con diversas funciones pero siempre con base en un sustento geométrico y conceptual, con un objetivo común: EXPRESAR.

Por lo que a manera de conclusión podemos decir que:

Arte, diseño y geometría concurren en la misma reflexión acerca del espacio.

La forma en que se da esta interacción resulta en una influencia en ambos sentidos.

Por un lado, la geometría contribuye a resolver diversos problemas del arte y el diseño y por el otro, arte y diseño plantean problemas que han permitido el desarrollo de teorías geométricas y, aunque tal vez algunos matemáticos no estarían de acuerdo, las técnicas de representación de objetos que ofrecen arte y diseño pueden ayudar a comprender algunos conceptos geométricos.

Además a lo largo de la historia la forma como la geometría ha concebido el espacio ha sido fuente de inspiración para artistas y diseñadores⁴.

Queda claro que el ser humano al estar en movimiento y en un avance tecnológico, social y cultural constante, no se detiene en ningún sentido; así es en la creación de imágenes, siempre hay algo nuevo que mostrar, expresar e innovar, y en la búsqueda de nuevas manifestaciones se lleva de igual manera a mejores alternativas de solución; por lo que el conocimiento geométrico ha sido transformado y a la vez ha generado nuevas corrientes de pensamiento que cumplen con las exigencias de comunicación visual, y en lugar de considerarse una limitante en la formación gráfica, se manifiesta como su sustento.

Inspiración o conocimiento, no importa mucho como se le designe, el lenguaje geométrico es universal, reconocido y forma parte de nuestro quehacer creativo en el soporte estructural de cualquier imagen.

1.2. Antecedentes de la geometría

Todo conocimiento tiene un punto de partida; un origen que da fe de su existencia y credibilidad en sus propuestas y enseñanzas. Sabemos que la geometría encierra una historia que abarca desde los egipcios con la medición de terrenos hasta las geometrías no euclidianas; pero en todo este lapso de tiempo existieron matemáticos, filósofos y científicos que contribuyeron a convertirla en una ciencia con un abanico de posibilidades, teoremas, axiomas y postulados que han sido rebatidos y reafirmados, conduciendo a la existencia de diversas geometrías y aplicaciones de las mismas.

Sin duda, Euclides ha sido el más mencionado por su obra llamada *Los elementos*; todo un tratado sobre la base de la geometría plana que tal vez pueda considerarse columna vertebral donde se ramifican posturas a favor o en contra, que han permitido la evolución encaminada a responder preguntas y descubrir posibilidades en la aplicación geométrica.

Los orígenes de la geometría se remontan hasta la era primitiva, donde los hombres al observar su entorno a través de las circunstancias diarias con las que se enfrentaron, adquirieron la habilidad para comparar formas y tamaños, y les dieron noción de ciertos conceptos como:

- Distancia: Este aspecto relacionado con los objetos a su alrededor y los caminos que tenían que recorrer; con base en la percepción de su entorno.
- Líneas y rectas: Al observar su entorno, tanto la línea de horizonte como las divisiones de las

⁴En *Síntesis*. UAM, México, 1999, año 10, núm. 28, p. 36

vistas de un lugar a otro, son aspectos palpables en un mundo donde las formas y su ubicación se distinguen por planos de referencia y todo es con base en líneas rectas y curvas

•Estimación del tiempo: No de una manera cultural; sino natural, cuándo amanecía ó cuándo se iba la luz al anochechar, cuándo hacía frío o calor, etc.

Otra situación que dirigió el conocimiento de la geometría fue la necesidad de limitar terrenos, lo cual condujo a las figuras geométricas tales como: cuadrado, círculo y triángulo. Esto es fácil de deducir, puesto que si observamos claramente la parte más pequeña de un segmento, la reconocemos como un "punto conceptual" (aclararemos este aspecto más adelante) que unido sucesivamente a otros puntos, forma una recta; al unir ésta con otro segmento a su punto terminal o esquina, formaremos lo que hoy se conoce como figura geométrica básica.

Las observaciones cotidianas debieron conducir al hombre al concepto de curvas, superficies y sólidos; ejemplificados en la representación del sol, la luna y el arcoíris.

Su representación se denomina "abstracción". La geometría surge de las Matemáticas de donde se desprende con la finalidad de abstraer formas de lo que nos rodea para obtener los elementos que lo constituyen.

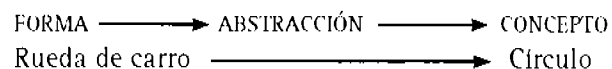
La abstracción es el arte de percibir una o varias cualidades comunes en cosas distintas y formar una idea general partiendo de ellas⁵.

Por lo que definimos:

GEOMETRÍA = ABSTRACCIÓN

Uno de los principales representantes de la disciplina geométrica fue el filósofo griego Platón (390 a.C.)

quien disfrutaba de abstraer la forma para crear conceptos. Ejemplo:



Este esquema explica como la forma conocida y reconocida es la rueda de un auto pero al momento de describirla pasamos por el proceso de abstracción y relacionamos esa forma con un círculo. Por lo tanto, la geometría es abstracción y cuando se abstrae una forma, ésta se convierte en concepto.

Sin embargo antes de Platón, fueron otros los griegos que dieron las directrices para el desarrollo de la geometría:

El trampolín trascendental de los griegos en el pensamiento fue la geometría. Con su propensión artística natural, fueron atraídos instintivamente por la pulcritud y el atractivo visual de ésta matemática de los puntos, las líneas, las áreas y los volúmenes⁶.

Los puntos y las líneas, elementos que contemplaron los griegos, constituyen los fundamentos de la geometría plana, primera de las geometrías existentes.

Si bien la geometría estuvo manifiesta desde la prehistoria, los griegos aportaron un pensamiento más allá de la medición territorial. No solo por el esplendor de su cultura, sino porque los más grandes estudiosos de esta ciencia tuvieron su origen en este lugar. El primero de los siete sabios griegos en aferrarse a la posibilidad de la abstracción fue Tales de Mileto (624-546 a.C.), quien nació y murió en Mileto. Predijo un eclipse solar, convirtió a la geometría egipcia en un estudio abstracto e introdujo, al medir la altura de una pirámide, las primicias de la trigonometría. En sus viajes tuvo conocimiento de las

⁵BERGAMINI, David. *Matemáticas*. Multicolor, México, 1968. p. 39

⁶*Idem*. p. 41

viejas matemáticas y la astronomía, y cuando por fin se retiró se dedicó a ellas como diversión.

Contemporáneo de Tales fue Anaximandro (610-546), quien también nació y murió en Mileto. El introdujo en la astronomía la idea de la esfera celeste, que habría de evolucionar hasta su culminación en la imagen ptolomeica del universo, cerca de medio milenio más tarde.

La ambición de Tales no se hubiera colmado de no haber sido por Pitágoras (582-497 a.C.) quien se cree, estudió con él. Pitágoras inculcó a sus discípulos junto con las matemáticas la veneración por los números; les enseñó a creer en la reencarnación y la transmisión de las almas de hombre a hombre y del hombre a la bestia. La escuela pitagórica fundó un culto, pleno de misterio y también de poder político. Los pitagóricos estudiaron el sonido de los instrumentos musicales, y desarrollaron el famoso teorema que dice: en un triángulo rectángulo el cuadrado del lado más largo —la hipotenusa— es igual a la suma de los cuadrados de los lados más cortos; además enseñó que la Tierra es esférica y que el Sol, la Luna y los planetas siguen movimientos independientes a los de las estrellas; de ahí surgen nuevas esferas que se suman a aquella propuesta por Anaximandro.

Sin duda alguna, aparte de los pitagóricos existieron grupos de matemáticos y filósofos que se involucraron en conceptos y problemas que necesitaban una demostración.

Uno de estos grupos fueron los eleáticos; profundamente interesados en la comprensión científica, no tan solo de los triángulos y los círculos, sino de todo el cosmos. Su representante fue Zenón; quien fascinado por la idea del infinito, planteó una pregunta referente al movimiento ¿Cómo es posible para un punto en movimiento pasar a través de un número infinito de posiciones en un tiempo finito?

“La bandera se está moviendo”. El otro decía: “El aire se está moviendo”. Acertó a pasar por allí el sexto patriarca, Zenón y les dijo: “Ni el aire, ni la bandera, lo que se mueve es la mente”.

Según Zenón, es sólo en la mente donde parece posible el movimiento. A decir verdad, “*El Movimiento es Inherentemente Imposible*”.

La realidad es una, inmutable e inalterable, y que toda pluralidad, todo cambio y todo movimiento son meras ilusiones de los sentidos⁷.

Sin duda, la mente debe considerarse un músculo, si no se ejercita no se desarrolla; y una de las formas de desarrollarla es a través de la observación, de la memoria visual y esto se obtiene por medio de la percepción. Cualquier imagen almacenada en nuestra mente sugiere esa actitud, color o referencia formal o física, en una situación similar, por lo que nuestra memoria asocia los elementos; por esto el patriarca Zenón menciona que lo que se mueve es la mente, ya que el movimiento es algo percibido anteriormente y lo único que hacemos es recordarlo.

Otra de las paradojas acerca del movimiento y el infinito fue la de “Aquiles y la Tortuga”; Zenón relata una prueba consistente en una carrera de velocidad, en la que era evidente que Aquiles vencería a la Tortuga; sin embargo, Zenón argumentaba que Aquiles por más aprisa que corriera no podría alcanzar a la Tortuga, a quien le había dado una ventaja inicial. Por lo tanto, cuando Aquiles alcanzara a la Tortuga en el punto A, ésta ya estaría en el punto B; cuando él llegara a B, la tortuga estaría en C. De esta manera, el proceso de la carrera puede ser infinito y Aquiles nunca alcanzaría a la Tortuga.

Sin embargo, si todas estas reflexiones parecen complicadas, no por ello detuvieron el desarrollo del pensamiento matemático y geométrico; el siguiente en surgir

⁷HOPSTATER, Douglas. *Gödel, Escher, Bach*. CONACYT, México, 1982, p. 35

en el mundo geométrico fue Filolao (480 a.C.), miembro prominente de la escuela pitagórica, imaginó que la Tierra daba vueltas en una esfera alrededor de un fuego central fijo. Reflejo de este fuego central era el Sol que, junto con la Luna, los otros planetas y las estrellas, también circulaban alrededor del fuego central en esferas separadas. En todo caso, Filolao fue el primero en suponer que la Tierra se movía.

Medio siglo después de Filolao nace el gran filósofo ateniense Platón, quien introdujo los poliedros regulares, llamados "sólidos platónicos", como esencia de los cuatro elementos básicos de la naturaleza:

- Tetraedro. Conformado por cuatro triángulos equiláteros y siendo el más simple de los poliedros regulares, Platón lo asocia al fuego, considerando que es el más fundamental de los elementos

- Hexaedro (cubo). Formado por seis cuadrados, al ser un cuerpo fuerte y resistente lo asoció con la tierra

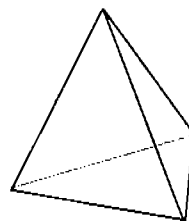
- Octaedro. Con ocho triángulos equiláteros, se le asocia con el aire.

- Icosaedro. Representa el último de los elementos, el agua.

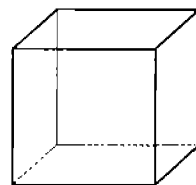
- Dodecaedro. Platón lo considera el quinto elemento y es construido por doce pentágonos regulares, y que "Dios la uso para el todo"; por lo que significa el universo entero.

La Academia, fundada por Platón tuvo una marcada influencia en la cultura helénica; allí estudiaron el astrónomo y matemático Eudoxio (408-335 a.C.) y el más famoso discípulo de Platón: Aristóteles.

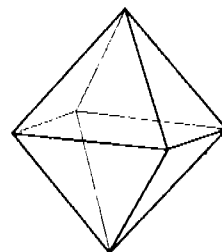
Eudoxio aportó el modelo del movimiento de los cuerpos celestes representado por medio de un conjunto de



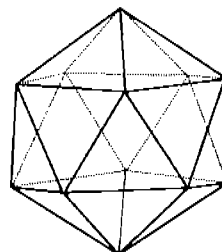
Tetraedro



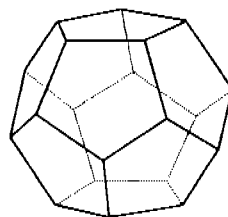
Hexaedro (cubo)



Octaedro



Icosaedro



Dodecaedro

esferas: la correspondiente a un planeta tenía sus polos sobre otra esfera, que a su vez descansaba sobre otra de ellas y así sucesivamente; en total eran 27 esferas.

Aristóteles (384-322 a.C.) fue para la ciencia un gran biólogo mas no un gran físico; disectó y clasificó de manera sistemática muchas especies animales, entendió que el delfin no es un pez y, en cierto sentido, delineó una jerarquía de los seres vivos que insinuaba la idea de evolución. Para la historia de la gravitación, son importantes las ideas de Aristóteles sobre la caída de los cuerpos terrestres y la separación entre su movimiento y el de los cuerpos celestes.

Otro de los grandes pensadores fue Euclides; (se cree que nació alrededor del año 300 a.C. y se ignora la fecha de su deceso) quien sintetizó el conocimiento geométrico de los griegos en su magnífico tratado llamado *Los Elementos*. Trabajó en Alejandría, donde uno de los generales de Alejandro Magno había establecido una biblioteca maravillosa y una gran universidad, el Museo.

Se le considera padre de la geometría plana, de ahí que una de las geometrías existentes se llame Geometría Euclidiana; punto, línea y plano son sus principales postulados. En especial el quinto postulado decía "por un punto localizado fuera de una línea recta sólo puede trazarse una línea paralela a ésta"; al percatarse de que este postulado podía cambiarse sin alterar la fortaleza lógica de la geometría, el matemático Nikolai Lobachevski ensanchó a la geometría estableciendo la geometría no euclidiana.

Los Elementos de Euclides se utilizaron como texto durante 2000 años, e incluso hoy, una versión modificada de sus primeros libros constituye la base de la enseñanza de la geometría plana en las escuelas. La primera edición impresa de las obras de Euclides que apareció en Venecia en 1482, fue una traducción del árabe al latín y la primera traducción inglesa fue en

1570. El primer gran escritor matemático de la India fue Arybhata, quien halló para π el valor de 3.1416 traduciendo a su idioma las obras griegas de Euclides.

Después de Euclides, llegará otro gran científico matemático: Arquímedes. Otro matemático griego, alumno tal vez de Arquímedes en el Museo de Alejandría, fue Apolonio con sus famosas "Cónicas":

Apolonio hizo su contribución a la historia de las matemáticas al investigar todas las peculiaridades más importantes de una serie de graciosas curvas que describió en un libro llamado *Cónicas*. Las denominó cónicas debido a que las vio como secciones realizadas por una superficie de un cono. Depende de cómo se corte el cono para que las secciones resultantes sean círculos, elipses, parábolas o hipérbolas⁶.

Tales curvas serían cruciales en el desarrollo del modelo planetario y de la gravitación; ya que Galileo descubrió que una bola de cañón recorre una trayectoria parabólica; por su parte Kepler y Newton descubrieron dieciocho siglos después, que algunas de las órbitas de los cuerpos celestes deberían ser cónicas, y no por fuerza circulares.

Amigo y rival de Apolonio fue Arquímedes, a quien se compara con Newton y Gauss, y se le reconoce como uno de los tres grandes matemáticos de todos los tiempos.

Los griegos no tenían realmente una forma sencilla de escribir grandes números; Arquímedes se enfrentó con esta desventaja en un tratado científico, el *Contador de Arena*, en el que se establecía un sistema de números basado en la miriada griega, o 10,000.

Los números grandes, asustaban poco a la despejada mente de Arquímedes que, dice la leyenda, era capaz de incordiar a sus compañeros matemáticos con algunos de los más horribles acertijos matemáticos jamás

⁶BERGAMINI, David. *op.cit.* p. 47

expuestos. *“Si eres diligente y sabio, ¡oh extranjero!, calcula el número de reses del sol que, en cierta ocasión, pacían en los campos de Trinacria (Sicilia)”*⁹.

Así como Arquímedes fue el más grande matemático de los griegos, Hiparco fue el mayor de los astrónomos; y como Arquímedes, quien emigró a Siracusa, Hiparco tampoco trabajó en Alejandría sino en la isla de Rodas, en el mar Egeo; ahí instaló su observatorio y desarrolló muchos de los instrumentos para la observación de los cuerpos celestes.

Sin duda alguna, no podríamos dejar de lado a Ptolomeo, el último de los sabios griegos. El jugó en la astronomía helénica un papel semejante al que Euclides desempeñó en la geometría: Ptolomeo produjo la gran síntesis; se basó en los trabajos de Hiparco y utilizó sus epiciclos y excéntricos. No fue sino hasta los tiempos de Tycho Brahe, 1400 años más tarde, que se hizo necesaria una teoría mejor que la de Ptolomeo; de ahí que sus ideas, guardadas celosamente por los sabios árabes después de la caída del imperio romano, sobrevivieran a la Edad Media y llegaran hasta los tiempos de Colón y el Renacimiento.

Tomando en cuenta el objetivo de este apartado, se ha hecho mención de grandes estudiosos de la antigüedad que sabiamente llegaron a un punto en el conocimiento geométrico-matemático donde incluso rebasaron los límites esperados por su época.

Hay que entender que los “antecedentes” geométricos brindan las bases conceptuales y humanas de un pensamiento revolucionario para su tiempo y que a pesar de los años han trascendido sus enseñanzas y aplicaciones aún dentro de este mundo moderno, dejándonos entrever que una ciencia “humilde”, sin mayores pretensiones, se manifestó como monstruo capaz de sus-

tentar incluso nuestro espacio, donde el creador puede convertirse, asociarse y disponer de este lenguaje para comunicar algo más que formas “espontáneas” o derivadas de la inspiración.

1.3. Diferentes modos de ver a la geometría

La presencia de la Geometría ha sido vislumbrada generalmente dentro del estudio de Euclides; y hacer mención de Euclides es relacionar su trabajo con la geometría plana. Sin embargo, no solo la geometría euclidiana ha dejado huella de la presencia de esta ciencia dentro de las artes plásticas; ya que hubo otros estudiosos que aportaron nuevas interpretaciones en el desarrollo geométrico y que involucraron las tres dimensiones (largo, ancho y profundo) llegando incluso a propuestas constructivas que tratan de representar las cosas lo más cercano a la realidad.

Desde luego que la transición de Euclides hacia la geometría actual ha tenido aciertos así como fallas, circunstancias “normales” que se deben dar en la búsqueda de respuestas a muchas inquietudes dentro del mundo de los números y sus derivados.

Pero la importancia de esta evolución no sólo marcó la pauta para plantear nuevas maneras de ver a la geometría; también brindó el apoyo estructural y visual en la justificación de las imágenes y la representación incluso sobre un plano formas imposibles.

Todas estas manifestaciones abarcan muchos procedimientos, así como conceptos, por ejemplo: perspectiva, simetría, topología, punto, línea y plano, etc.

⁹*Ibid.* p. 49

Pero tratando de englobar y clasificar las características de cada uno de ellos, podemos delimitar el estudio de la geometría en tres grandes grupos:

- Geometría Plana
- Geometría Descriptiva o del Espacio
- Geometría No Euclídiana

• GEOMETRÍA PLANA

La planimetría o Geometría Plana es aquella parte de la Geometría que se ocupa del estudio de las figuras situadas en un plano¹⁰.

Por mencionar los elementos en un plano, recurrimos al término de bidimensional; que abarca dos dimensiones: ancho y largo.

Si las formas básicas: triángulo, cuadrado y círculo, conforman a la geometría como tal y todas las formas a nuestro alrededor; el punto, la línea y el plano son los elementos fundamentales dentro del estudio de la geometría plana o euclídiana, llamada así en honor a Euclides. Sin embargo, no es tan simple denominarlos como si sólo abarcaran una sola acepción; y esto es, porque se involucra a la percepción en nuestro quehacer creativo. Por lo que, considerar elementos conceptuales y elementos reales o formales, es el punto de partida para la comprensión de estos términos que integran esta rama de la geometría:

- Punto conceptual y visual
- Línea conceptual y visual
- Plano conceptual y visual

Definiremos primero que los elementos conceptuales son aquellos que no son visibles, ya que no exis-

ten; creemos que están ahí pero sólo son resultados de nuestra percepción y memoria visual. Ejemplo: denominar línea al contorno de un objeto.

Y elementos reales o formales, son como lo dicta su nombre, aquellos que ya tienen una forma plasmada que conlleva tamaño, textura y contraste.

El punto, la línea, el plano y el volumen, como elementos conceptuales, no son visibles, salvo para el ojo de la mente. Aunque en realidad no existan, sentimos su presencia. Podemos percibir el punto en la intersección de dos segmentos, la línea que señala el contorno de un plano, el plano que cierra un volumen y el volumen de un objeto que ocupa un espacio¹¹.

Cabe señalar que el volumen no está contemplado en el estudio de lo bidimensional; ya que hablar de la representación de tres dimensiones dentro de un plano nos lleva a consideraciones de tipo espacial y ese no es el objetivo de este apartado, de manera que este concepto será contemplado en la geometría del espacio.

Retomando el punto, la línea y el plano, Kandinsky se refiere a ello como "elementos básicos" aquellos sin los cuales un género artístico no podría existir.

Iniciaremos por definir y explicar al primer elemento que se considera la mínima expresión:

EL PUNTO

Se le define como la indicación de una posición en el espacio, como la mínima expresión, el inicio de una línea ó intersección de dos líneas.

Conceptualmente, el punto carece de longitud, anchura y profundidad, por consiguiente es estático, central y no direccional¹².

¹⁰ALICART, Federico. *Geometría del Espacio*. Labor, S.A., Barcelona, 1927, p. 2

¹¹CHING, Francis. *Arquitectura: forma, espacio y orden*. Gustavo Gili, México, 1996, p. 2

¹²*Ibidem*. p. 4

El manejo del concepto del punto lo relacionamos con unión, inicio, nacimiento de, u origen.

Cuando hablamos de concepto es que se dio el proceso de abstracción de la forma (mencionado éste anteriormente con el esquema de Platón). Por forma abstracta entendemos a la no figurativa o que no hace referencia a nada de nuestro entorno cotidiano.

Así como Platón definía al círculo como una abstracción, el punto conceptual tiene la misma referencia. Si observamos la unión o la "esquina" de un borde, lo interpretamos como punto, por ser la unión de esos dos límites; pero si analizamos bien, realmente no tiene una forma definida.

Formalmente hablando, relacionamos al punto con una circunferencia o una esfera, por su redondez.

El punto posee un borde exterior, que determina su aspecto externo.

Considerado en abstracto (geoméricamente), el punto es idealmente pequeño, idealmente redondo. Desde que se materializa, su tamaño y sus límites se vuelven relativos. El punto real puede tomar infinitas figuras; el círculo perfecto es susceptible de adquirir pequeños cuernos, o tender a otras formas geométricas, o finalmente desarrollar formas libres. Puede ser puntiagudo, derivar en un triángulo, o por una exigencia de relativa inmovilidad, transformándose en un cuadrado¹³.

Al observar la marca o mancha de un lápiz sobre la hoja de papel, no podemos definir la forma obtenida; pudo ser una pequeña línea, o algo amorfo; sin embargo, la intención era dibujar un punto, y el choque del material con el soporte brindó lo que buscábamos visualmente, aunque en la mente concibiéramos al punto con redondez.

Hablar de punto visual, nos vincula a la forma:

FORMA: Apariencia, configuración, estructura, organización que reciben las impresiones sensoriales en la percepción. Así el punto, la línea o el plano cuando se dibujan, se convierten en formas que pueden percibirse visualmente¹⁴.

Se ha hecho referencia a la forma, pero se debe dar su relación con la configuración, el tamaño y la posición. Así como la luz es fundamental para percibir la forma; estos elementos antes descritos constituyen sus partes perceptibles:

La configuración implica cierto grado de organización en el objeto. A menos que la configuración sea reconocible, consideramos un objeto "no configurado"¹⁵.

Es decir, la configuración es la principal característica distintiva de las formas; su contorno.

El tamaño es siempre una cuestión relativa. Es un diseño dado, los tamaños se relacionan unos con otros. Puede haber algo "grande" en una miniatura, y un escaparate es pequeño con respecto al rascacielos¹⁶.

La posición debe describirse sobre la base de la organización total, carece de significado excepto en relación con el campo mismo¹⁷.

Esta definición nos refiere a que la posición es la localización de una forma con respecto a su campo o entorno, considerando a un objeto colocado en una superficie o plano. De igual manera, la referencia de tamaño habla de relacionar unos con otros, por lo que mencionar a la escala sería adecuado para definir el tamaño.

¹³KANDINSKY, Wassily. *Punto y Línea sobre plano*. Labor, S.A., Barcelona, 1993, p. 28

¹⁴CARREÓN ZAMORA, Enrique. *Vocabulario de Dibujo*. UNAM, México, 1988, p. 11

¹⁵GILLIAM SCOTT, Robert. *Fundamentos del diseño*. Limusa, México, 1992, p. 28

¹⁶*Ídem*.

¹⁷*Ibidem*, p. 19

Al aplicar estas características al “punto” consideramos que la forma reconocida del punto es la pequeñez; es decir, de forma pequeña, su configuración es circular, cuadrada, triangular o simple; y, su posición si es conceptual: inicio o fin de líneas, intersección de líneas, unión de aristas; y visual: ilimitada en el espacio, puede ocupar todo.

LA LÍNEA

La línea geométrica es un ente invisible. Es la traza que deja el punto al moverse y es por lo tanto su producto. Surge del movimiento, al destruirse el reposo total del punto. Hemos dado un salto de lo estético a lo dinámico¹⁸.

Se había mencionado que una de las características del punto era ser: estático, central y no direccional; es decir, no presenta movimiento ni desplazamiento, por lo tanto, no tiene dirección.

No obstante, al referirnos a la línea como la prolongación de un punto, modificamos la actitud del mismo al modificarse su condición para dar origen a este segundo elemento básico.

Así como en el punto intervienen los factores conceptuales y visuales, la línea se establece bajo los mismos lineamientos.

La línea conceptual es identificada como resultado del desplazamiento de un punto, ya que lo que vemos sólo es una serie de puntos dispuestos en hilera y nos daría la sensación de línea, pero no visual, solo conceptual.

Cuando un punto se mueve, su recorrido se transforma en una línea. La línea tiene largo, pero no ancho. Tiene posición y dirección. Está limitada por puntos. Forma los bordes de un plano¹⁹.

La línea nos remite a unir, asociar, rodear o cortar otros elementos visuales, definir los bordes o aristas de planos.

Cuando el punto se desplaza para dar paso a la línea, este movimiento sugiere una dirección: horizontal, vertical o diagonal.

Percibimos a la línea horizontal como estabilidad, continuidad; a la línea vertical como ascendencia, infinito; y la diagonal nos remite a una sensación de inestabilidad, dinamismo y un estado de desequilibrio.

Kandinsky les da referencia de temperatura a cada línea: la horizontal es fría, la vertical caliente y la diagonal cálida-fría.

La línea como elemento formal o visual (visual porque los elementos conceptuales se hacen visibles) tiene ancho y largo; su ancho es estrecho y el largo muy prolongado. Así como en el punto se habló de una pequeñez relativa, la línea presenta de igual manera una delgadez relativa, ya que no existe un criterio absoluto.

La forma de una línea abarca tres aspectos que deben considerarse:

a) La forma total: Se refiere a su apariencia general, que puede ser:

- recta
- curva
- quebrada
- irregular
- trazada a mano

b) El cuerpo: Como una línea tiene ancho, su cuerpo queda contenido entre ambos bordes:

- afilado
- nudoso
- vacilante
- irregular

c) Las extremidades: Si la línea es ancha, la forma de sus extremos puede convertirse en prominente.

¹⁸KANDINSKY, Wassily. *op.cit.* p. 57

¹⁹WONG, Wucius. *Fundamentos del diseño*. Gustavo Gili, Barcelona, 1993, p. 47

- cuadrados
- redondos
- puntiagudos
- de cualquier otra forma simple²⁰.

Por lo que la configuración de la línea puede ser recta, curva, quebrada, irregular o a mano alzada; en el tamaño es delgada y de longitud prominente y su posición es horizontal, diagonal o vertical.

EL PLANO

Así como la sucesión de puntos da origen a la línea; ésta al prolongarse en una dirección que no sea la propia, se convierte en plano.

El plano conceptual son los límites percibidos de un volumen y su forma no es precisamente cuadrada, sino que está determinada por el contorno de la línea que forman las aristas de un plano. Conceptualmente hablando, el plano carece de profundidad y solo tiene ancho y largo; por lo que punto, línea y plano corresponden a una condición bidimensional. El plano también presenta posición y dirección.

Geoméricamente, existen tres tipos de planos, los referidos a las formas básicas:

- Círculo. Donde el plano está limitado por una línea
- Triángulo. Donde el plano está delimitado por tres líneas: una horizontal y dos diagonales
- Cuadrado. Delimitado por cuatro líneas iguales que forman cuatro ángulos rectos.

Aparte de los planos geoméricos, existen una serie de formas planas con variedad de figuras y son clasificadas de la siguiente manera:

- a) Geométricas: Construidas matemáticamente
- b) Orgánicas: Rodeadas por curvas libres que sugieren fluidez y desarrollo
- c) Rectilíneas: Limitadas por líneas rectas que no están relacionadas matemáticamente entre sí
- d) Irregulares: Limitadas por líneas y curvas que no están relacionadas matemáticamente entre sí
- e) Manuscritas: Caligráficas o creadas a mano alzada
- f) Accidentales: Determinadas por el efecto de procesos o materiales especiales u obtenidas accidentalmente²¹.

Estos tipos de planos se logran de una manera más libre por el simple resultado de la aplicación del material en el soporte o una mancha, pero a pesar de no obtenerse de una manera tan "metódica" como los geoméricos, su existencia no solo recae en la experimentación o el accidente; manejarlos con una intención específica obliga también al creador a controlar y dominar sus propio instrumentos, mediante la integración de impulsos físicos y emocionales a través de un razonamiento concretando en un objetivo común.

Cabe señalar que además del punto, la línea y el plano, existen otros elementos que integran la geometría plana; no menos importantes, pero sí derivados de estos tres.

El plano, origina otros factores esenciales en la sustentación de formas: los polígonos.

En geometría elemental se da el nombre de polígono al recinto plano limitado por segmentos rectilíneos; cada uno de éstos es un lado, y el punto en común a cada dos un vértice del polígono

El número de lados de un polígono, igual al de sus vértices y ángulos es, por lo menos tres; atendiendo estas características, han recibido nombres especiales dependiendo el número de lados. De esta manera tenemos: triángulo(3), cuadrilátero(4), pentágono(5), hexágono(6), heptágono(7), octágono(8), eneágono(9), etc.

²⁰*Ibidem.* p. 45

²¹*Carrón Zamora, Enrique. op.cit. p. 18*

De esta manera se considera polígono regular aquel cuyos lados y ángulos son iguales; y polígono irregular, el que no tiene iguales todos sus lados y por consiguiente, sus ángulos. Sin embargo, los polígonos no deben considerarse simples figuras geométricas que distribuidas en un plano nos llevan a la creación de redes que, estructuralmente, justifican un sinnúmero de formas y manipulación de las mismas; de hecho Johannes Kepler manifestó que el orden estructural estaba conformado por polígonos; tomó como punto de partida las figuras geométricas por ser "objetos de la razón, y la razón es eterna". Para Kepler, armonioso es sinónimo de cosmogónico. Y "las condiciones cosmogónicas" deben buscarse en los polígonos regulares.

Cosmología: Del griego *kosmos*; mundo, y *logos*, tratado. Ciencia de las leyes naturales, por las cuales se gobierna el mundo físico²³.

Si relacionamos lo que expresa Kepler con algunos comentarios al inicio de esta investigación, donde se muestra la importancia de la geometría y su influencia en el ser humano (que es en la naturaleza donde se crea ese mundo de formas geométricas y que es el hombre el que les da un uso científico), entonces entenderemos que el razonamiento no solo de Kepler, sino de muchos estudiosos, siempre encaminados a declarar que todo el orden estructural y el de mayor perfección es el existente en las matemáticas y por consiguiente en el conocimiento geométrico; donde las formas tienen su propia razón de ser, armónicas en proporción y bellamente compatibles entre sí.

He ahí, en la geometría plana, tan solo el origen de algunas de muchas posibilidades que más adelante no se limitarán al plano, sino que intervendrán en un espacio y posteriormente en un espacio esférico.

• GEOMETRÍA DESCRIPTIVA

Los aspectos considerados dentro de la geometría plana dejaron entrever los alcances de esta ciencia no sólo como herramienta de trazo; sino más bien como un principio y a la vez una enorme alternativa en el desenvolvimiento del creador de imágenes desde un punto de vista bidimensional. Pero no podemos dejar todo el sustento gráfico a la consideración de la geometría plana y sus medios; sería como negar que vivimos rodeados de un mundo tridimensional. De esta manera, sin restarle su importancia a esta rama de la geometría, demos inicio a la exposición de un área geométrica fascinante, ya que soluciona la visión del artista o diseñador al no sólo presentarle los recursos bidimensionalmente, sino permitirle alcanzar el grado de representación espacial dentro de un plano; es decir, toca a la geometría descriptiva el estudio y uso de los cuerpos en un espacio bidimensional, las tres dimensiones: ancho, largo y profundo, representadas en dos: ancho y largo.

Relacionarse con la geometría descriptiva no sólo involucra los elementos pertenecientes a la geometría plana; al contrario, los plantea dentro de un espacio, donde la manipulación de la tridimensión constituye la base constructiva y de percepción para comprender no sólo puntos, líneas y planos, sino volúmenes.

Geometría Descriptiva: Es la parte de la geometría cuyo objeto es representar los cuerpos mediante proyecciones planas, con las cuales se ejecutan construcciones para diversos fines.

La geometría descriptiva ha sido siempre una ciencia de aplicación. El primer tratado científico de Geometría descriptiva es debido a Monge (1746-1818). Se publicó en 1795, y en forma de libro en 1798. Mon-

²³Enciclopedia Universal Ilustrada. Espasa-Calpe, Madrid, 1975, Vol. 15, p. 1163

ge da como problema fundamental de la Geometría descriptiva, el reducir las construcciones del espacio a construcciones en un plano²³.

En Francia, a principios del siglo XVIII, se dio el comienzo de la geometría descriptiva; ésta se relacionaba con problemas de diseño de construcciones de edificios y fortificaciones militares.

Entre los investigadores que destacan se encuentran: Chatillon, Dubuat, Meusnier; y especialmente Gaspar Monge. Como se mencionó líneas arriba, Monge escribió un tratado; y aunque ya existían trabajos sobre la materia él desarrolló la teoría de una manera notablemente completa. A Gaspar Monge (1746-1818) se le considera el padre de la geometría descriptiva; publicó su primer libro en 1795, después de que el tema había sido conservado como secreto militar durante treinta años, la geometría descriptiva fue reconocida como materia importante para la educación técnica, primero en Francia y después en todo el mundo.

Definiremos entonces a la geometría descriptiva como la que tiene por objeto resolver problemas de representación por medio de operaciones efectuadas en un plano y manifestar en él los cuerpos geométricos. Estos cuerpos guardan una relación estrecha con los polígonos, ya que es de ellos de donde surgen y se les denomina poliedros.

Reciben este nombre de poliedro (*polis*, mucho; y *edra*, cara) los cuerpos geométricos limitados por polígonos planos. De esta manera los vértices, lados y ángulos planos de los polígonos se convierten en vértices, aristas y ángulos del poliedro. A su vez, estos poliedros pueden denominarse de varias maneras dependiendo el número de caras, el poliedro de menor número de caras es el tetraedro, que tiene 4; el de 5 se llama pentaedro; el de seis hexaedro o cubo; el de 7 heptaedro, etc., pero también se clasifican por sus características formales de sus caras:

1. Paralelepípedo. Un poliedro en forma de caja. Tiene seis caras, iguales dos a dos y paralelas, como todos los poliedros tiene caras, vértices y aristas; el más común es el rectangular.

2. Prisma. Es un poliedro limitado por dos polígonos iguales, de lados respectivamente paralelos.

3. Pirámide. Poliedro formado por triángulos y generalmente una base cuadrada, con un punto vértice superior.

4. Tronco. Parte truncada de una pirámide o un cono.

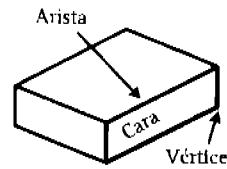
No sólo los cuerpos geométricos pueden ser manipulados en el espacio a través de la geometría descriptiva, efectivamente constituyen el principio estructural de todas las demás formas, pero la visualización de objetos ya materializados en la realidad también pueden ser trazados dentro de los métodos de esta rama de la geometría.

Los procedimientos que integran este conocimiento están constituidos por sistemas de proyección definidos como las diversas posiciones que guardan las proyectantes de la figura, entre sí y con respecto al plano de proyección. Comprenden planos de proyección que son superficies planas que no tienen espesor, son transparentes, y que se supone están colocadas entre el espectador y el punto o serie de puntos que mira.

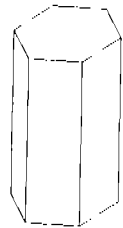
A su vez, estos planos de proyección están relacionados con las líneas proyectadas que pueden considerarse como prolongaciones de las líneas visuales y que van de los planos de proyección a un punto situado en el espacio definido por los mismos planos.

Se hace esta referencia de elementos dentro de la geometría descriptiva, ya que para proyectar el espacio geométrico (entendiendo éste como el lugar ilimitado en todos sentidos que contiene a todos los cuerpos en tres dimensiones) se necesita determinar las diversas posicio-

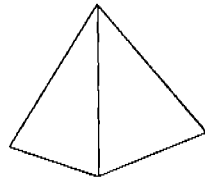
²³Enciclopedia Universal Ilustrada. Vol. 18, op.cit. p. 451



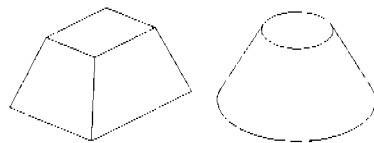
Paralelepípedo



Prisma



Pirámide



Tronco

nes que guardan las líneas proyectantes de una figura con respecto a su plano de proyección y esto determina varios sistemas de proyección, que son:

a) Proyección cilíndrica oblicua: Cuando las figuras que se proyectan son paralelas entre sí, pero oblicuas al plano de proyección

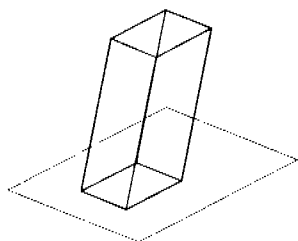
b) Proyección cilíndrica recta u ortogonal: Es aquella en la que las proyectantes son paralelas entre sí y además perpendiculares al plano de proyección.

c) Proyección cónica: Las proyectantes divergen de un punto común, denominado vértice o polo de proyección. En este rubro se considera la presencia de la perspectiva.

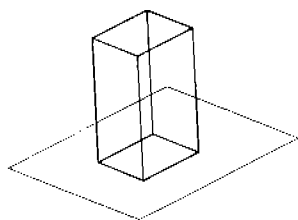
Se ha mencionado que en la geometría descriptiva se representa el espacio bidimensional, que es manifestar tres dimensiones en un plano que tiene dos. Pero estas "dimensiones" son comprendidas y denominadas por medio de nomenclaturas:

- La línea se considera como la primera dimensión, en donde solo podemos medir distancias o longitudes ("x").
- La bidimensión es ancho y largo ("x" y "z") solo podemos representar objetos planos con ayuda de la geometría plana
- La tridimensión está compuesta por ancho, largo y profundo ("x", "z" y "y") donde solo podemos representar volúmenes a través de la geometría descriptiva.

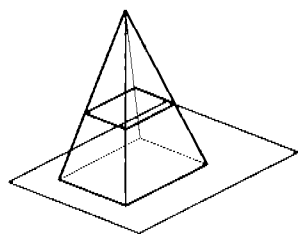
Los ejes "x", "z" y "y" indican anchura, altura y profundidades de una figura presentada en plano y desglosando sus tres vistas, las cuales ejemplificaremos con un cuerpo:



Proyección cilíndrica oblicua



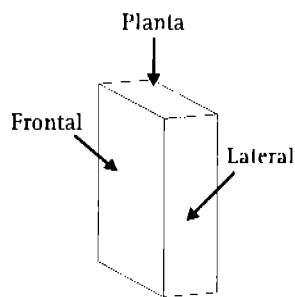
Proyección cilíndrica recta u ortogonal



Proyección cónica

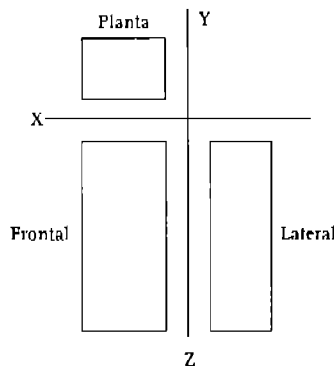
Planta

- Vista de planta o superior
- Vista frontal
- Vista lateral



Estas tres maneras de observar en partes la totalidad de un objeto, se representan en plano por medio de los ejes x, y, z a través de una monea; que es un espacio definido por tres ejes que limitan planos o cuadrantes: en esta monea se colocan las tres vistas antes descritas y

proporcionan la información de anchura, altura y profundidad que permitirá realizar la construcción tridimensional del objeto antes analizado por la monea:



Este análisis de la forma correspondería al manejo de una proyección ortogonal (*ortos*, recto; *gonia*, ángulo) y sin duda alguna, la más utilizada dentro del área gráfica.

Al igual que la geometría plana, la descriptiva ofrece numerosos procedimientos enfocados al estudio de volúmenes en el espacio, su posición y propiedades; las sombras de esos volúmenes, las que se producen en ellos y las que arrojan sobre otros objetos; así como el estudio de la perspectiva geométrica.

La perspectiva no ha podido ser reemplazada en la representación espacial de los objetos proyectados (que en general se definen en planta y alzado). Si observamos un espacio abierto o cerrado, habrá varios factores que intervengan en nuestra percepción: la iluminación, las sombras, la distancia el ángulo de visión, etc.; y una de las herramientas para representar la profundidad de las formas y los espacios es la perspectiva, con la cual dibujamos las cosas lo más cercanas a la realidad.

Llamamos perspectiva al arte de representar en un plano los objetos del espacio, de tal manera que su aspecto sea semejante al que presentan vistos al natural. El término *perspectiva* deriva etimológicamente del verbo latino *perspicere*, que significa "ver a través de"²⁴.

Históricamente la perspectiva brota de dos raíces diferentes y se constituye como la solución definitiva a una larga experimentación por conseguir una nueva integración del espacio pictórico, sin relación ni dependencia de la Antigüedad clásica.

Desde los tiempos antiguos se conocen los intentos por representar sobre una superficie plana no solo la longitud, anchura y altura de los cuerpos, sino también su profundidad; por ejemplo, los griegos pintaban sus decoraciones de teatro más o menos con "perspectivas correctas", Vitruvio describe una decoración en el teatro de la ciudad de Tracia que resultaba agradable a la vista debido a su relieve.

Durante la edad media la perspectiva queda en el olvido o por lo menos empleada a medias debido a la planimetría en la representación de sus imágenes. Pero en el siglo XV marca un nuevo auge y con esto se retomaron los estudios de Vitruvio y Euclides y se descubrieron de nuevo los fundamentos de la perspectiva.

El maestro florentino Filippo es considerado el fundador de la perspectiva geométrica exacta; pero los primeros escritos sobre perspectiva provienen del arquitecto León Battista Alberti; por su parte, Piero de la Francesca pintor y matemático es el primero en escribir una obra de texto propiamente dicha sobre perspectiva. Sin embargo; debe acotarse la gran noción de Filippo Brunelleschi, quien descubrió la perspectiva lineal. Brunelleschi había logrado lo que en términos populares se llamaría "precisión científica" por su alto grado

de veracidad óptica. Leonardo da Vinci descubrió el punto de fuga de la perpendicularidad al cuadro y Guido Ubaldi aportó el método para determinar el punto de fuga de horizontales paralelas de dirección cualquiera, ya que hasta entonces sólo se conocía el punto de vista y el punto de fuga de las rectas a 45° con respecto al cuadro.

Así como las proyecciones sugieren una serie de pasos a seguir en sus procedimientos, y a la vez están formadas por elementos que integran dichos procedimientos, toda puesta en perspectiva tiene en cuenta varios factores:

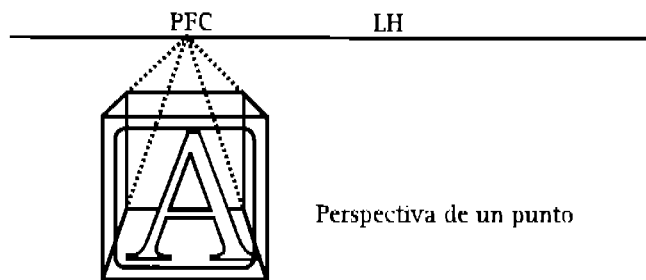
1. La realidad espacial vivida (aprehendida directamente por los sentidos de la vista y del tacto, incluso del oído, o por recuerdos conscientes o sedimentos inconscientes).
2. Un observador u ordenador (pintor, dibujante, fotógrafo).
3. Una superficie plana (la imagen, la obra)
4. Un modo de transformación (sistema de ordenamiento)²⁵.

Establecidos los elementos necesarios para realizar la perspectiva, ésta a su vez se divide en tres tipos de perspectivas, dependiendo la vista que se requiera del objeto. Esta división va ligada a la posición que adopta el objeto respecto al cuadro perspectivo y pueden ser de tres tipos:

- Perspectiva paralela o de un punto de fuga. En este caso todas las líneas y planos paralelos al cuadro perspectivo se conservan paralelos y los planos perpendiculares a éste. Es el caso de un objeto enfrente de nosotros, donde vemos una cara completamente frontal a nosotros. La sensación de volumen es poco y el modelo resulta estático.

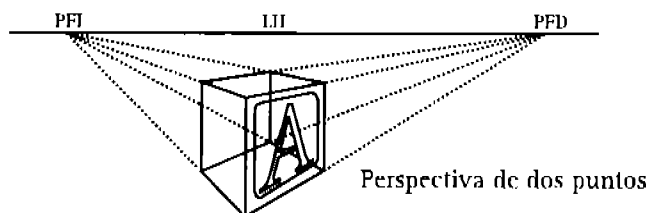
²⁴TORRE CARBÓ, Miguel de la. *Geometría Descriptiva*. UNAM, México, 1975, p. 11

²⁵BARRE, Andre. *La Perspectiva Curvilínea*. Paidós Estética, Barcelona, 1985, p. 17



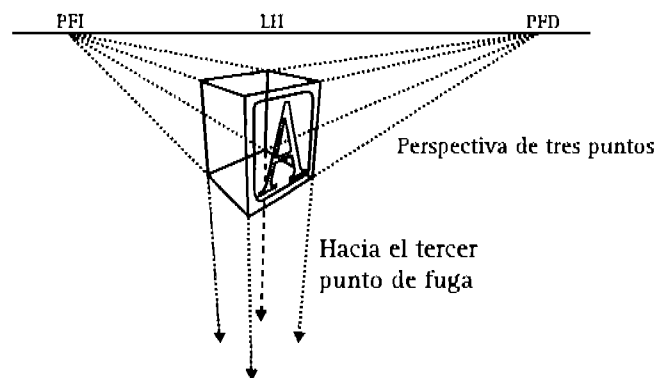
Perspectiva de un punto

• Perspectiva angular o de dos puntos de fuga. Se gira el objeto a 45°, el punto de fuga se recorrerá sobre la línea de horizonte, ubicándose a un lado del plano central de visión y al mismo tiempo aparecerá otro punto de fuga en el lado opuesto, a una distancia equivalente al punto de fuga anterior. En el objeto a 45°, sólo las líneas verticales se mantienen paralelas entre sí; el resto de las líneas proyectadas se van a los puntos de fuga. La sensación de volumen es perfecta y normal.



Perspectiva de dos puntos

• Perspectiva triaxial o de tres puntos de fuga. En esta perspectiva, además de rotar el objeto se inclina el cuadro perspectivo y las verticales parecerán dirigirse a un tercer punto de fuga sobre el eje vertical. En este caso, ni las líneas verticales u horizontales se mantienen paralelas; todas convergen a su punto de fuga respectivo. Dos puntos de fuga se encuentran en el horizonte y el tercero por debajo o por encima de la línea de horizonte. Esta perspectiva es muy utilizada en la realización de cómics.



Perspectiva de tres puntos

Cada uno de los métodos pertenecientes a la geometría descriptiva tienen en común el ordenar los elementos visibles formando una imagen que suscite en el espectador impresiones equivalentes a volúmenes y espacios reales.

Es importante reconocer que con esta nueva rama que constituye la "Geometría Descriptiva" y en sus bien marcadas fases de ciencia y de arte, se creó un nuevo modo de expresión imaginativa, universal, claro y preciso, que el lenguaje común hablado o escrito no tiene a su alcance; pues basta pensar que no es posible describir por medio verbal y con fines prácti-

cos el más sencillo mecanismo y mucho menos una complicada máquina o un edificio²⁶.

En este caso, hay que aceptar que el lenguaje visual rebasa al verbal. Una imagen puede dar todo un discurso de emociones, ideas, color e incluso hacernos reflexionar, tal vez un poema nos brinde lo mismo, la diferencia radica en que éste último nos lo presenta de manera mental; es decir, en la imaginación, y la imagen visual lo presenta materializado y dejando a la vez que nuestra imaginación descifre el pensamiento del creador; por lo tanto, a partir de una presencia podemos dar varias interpretaciones y desarrollar más imágenes en nuestra mente.

No se puede concebir que un productor de imágenes no tenga un concepto cuando menos básico de lo que es el espacio y la presencia de los cuerpos en él; por lo que la geometría descriptiva se convierte en una área fundamental en el desarrollo de propuestas visuales tridimensionales plasmadas dentro de un plano.

• GEOMETRÍA NO EUCLIDIANA

Euclides, acopió la mayor parte de los conocimientos geométricos de su época y definió elementos como los puntos y líneas. Estableció reglas generales a las que llamó *axiomas*, pensó que sus *axiomas* podían ser el punto de partida de principios complejos más complicados. Formuló también otras reglas con el nombre de postulados, o sea, afirmaciones obre puntos, líneas, segmentos, etc.

Euclides tenía un modo especial de escribir la prueba de sus proposiciones: primero formaba la hipótesis, después la tesis y finalmente la demostración de ésta. Al terminar, la proposición demostrada tenía el nom-

bre de teorema, y podía emplearse para probar otra afirmación. Dicho sistema se conoció más adelante como *geometría euclidiana*.

Es fácil deducir que la geometría no euclidiana debe su nombre a que niega los principios de la geometría euclidiana, pero su nacimiento no llevó un proceso directo y radical.

Se ha mencionado que la obra maestra de Euclides, *Los Elementos*, fue una compilación de trece libros compuestos por postulados. Sin embargo, es el quinto postulado el origen de esta geometría: "*Si una recta, al cortar a otras dos, forma de un mismo lado ángulos internos menores que dos rectos, esas dos rectas prolongadas indefinidamente se cortan del lado en que están los ángulos menores que dos rectos*".

Más propiamente, por costumbre se ha reservado el nombre de geometrías no euclidianas para las que conservan todos los postulados de Euclides menos uno de ellos, el llamado postulado de las paralelas.

Este esfuerzo de Euclides por evitar el uso de su postulado V, mientras puede, y por construir la geometría con independencia del mismo, justifica la muy repetida frase de que Euclides fue el primer geómetra no euclidiano, o bien, que la geometría no euclidiana nació negando su paternidad²⁷.

Incluso el propio Euclides nunca pudo demostrar este postulado debido a la serie de problemas que ocasionaba, por lo mismo el comentario de que fue el primer geómetra no euclidiano. Esta geometría surgió debido a que en ella el V postulado dejó de ser válido, apareciendo dos geometrías no euclidianas. La hiperbólica de Lobachevsky y la elíptica de Riemann.

²⁶TORRE CARBÓ, Miguel de la. *op.cit.* p. 14

²⁷SANTALO, Luis A. *Geometrías no euclidianas*. Universitaria de Buenos Aires, Argentina, 1961, p. 5

Ambas se diferencian de la geometría euclidiana en el hecho de que la suma de los ángulos de un triángulo no es 180° ; sino más pequeña en la hiperbólica y mayor en la elíptica. La razón es que los triángulos no están en una superficie plana, sino en superficies hiperbólicas y elípticas respectivamente.

Es decir, que para ellos no existen las superficies planas, esto significa que la distancia más corta entre dos puntos no es una línea recta, sino una línea curva. Por lo tanto, las geometrías no euclidianas niegan la existencia de la línea recta.

Antes de la presencia de Lobachevsky y Riemann, hubo quienes a pesar de haber tenido en sus manos la respuesta que los llevaría a la geometría no euclidiana, callaron por "temor" y dejaron que otros tuvieran el reconocimiento de dicha labor.

A principios del siglo XIX, el gran matemático Karl Friedrich Gauss (1777-1855) vio con toda claridad la no demostrabilidad del quinto postulado y la posibilidad de construir sistemas geométricos distintos del euclidiano. Gauss no publicó sus investigaciones por temor al "griterío de los torpes"... No se atrevió a presentar sus deducciones, tal vez por temor a las críticas que resultarían si alguien como él se desviaba de una verdad absoluta tan evidente.

Gauss fue el único que en vida del matemático ruso Lobachevsky asimiló y apreció sus notables ideas. Solo después de su muerte su autorizado juicio se hizo público; Gauss escribió: "en lo que respecta a los trabajos de Lobachevsky, estoy sobre todo muy obligado a apreciar el trabajo de él". En los círculos matemáticos se concedía mucha importancia a la menor palabra de Gauss; su entusiasta apreciación de los trabajos de Lobachevsky, no dejó de interesar a los matemáticos que por ello los leyeron.

Documentos pertenecientes a Gauss revelan que desde 1792 él ya tenía ideas análogas a las que Lobachevsky hiciera públicas más tarde; también demuestran que otros geómetras hablan coincidido, particularmente Schweikart, quien calificaba la geometría no euclidiana como "astral". Gauss, además de no publicar nada acerca de sus puntos de vista concernientes a los fundamentos de la geometría, exigió a quien ponía al corriente de sus pensamientos, mantener el silencio más absoluto.

Schweikart, por lo visto, no dominaba bien las matemáticas para avanzar en el desarrollo de la nueva geometría mucho más allá de lo expuesto en su nota a Gauss. En sus cartas a su sobrino Taurinus, Schweikart le informó acerca de sus investigaciones; Taurinus acogió esa noticia con indiferencia, pero más tarde también llegó a la constante de Gauss y de Schweikart y se aproximó a la trigonometría del espacio no euclidiano. Taurinus mandó su información a Gauss, pero al no encontrar respuesta ni reconocimiento se hundió en la melancolía y en un arranque quemó los folletos que aún tenía.

Gauss entabló amistad con el húngaro Wolfgang Bolyai, con quien intercambió numerosas cartas; Bolyai consultaba con Gauss cuestiones relativas a los fundamentos de las matemáticas.

En 1889, el eminente geómetra italiano E. Beltrami, que en aquella época se interesaba muy de cerca por las cuestiones de la geometría no euclidiana, prestó atención a la obra poco conocida del notable jesuita italiano Saccheri. Análogamente a él, plantea la cuestión el matemático y filósofo Enrique Lambert en su teoría de las líneas paralelas, va mucho más lejos que Saccheri.

Los verdaderos creadores de la geometría no euclidiana fueron Lobachevsky y después de él, Bolyai. Lobachevsky fue el primero que publicó el sistema de geometría no euclidiana, su desarrollo, y su aplicación en

el análisis previendo la importancia que tendría en la mecánica y en las ciencias naturales. En comparación con sus trabajos, Bolyai solo representa los primeros pasos elementales.

Pocos años después del nacimiento de la geometría hiperbólica; Bernhard Riemann (1826-1866) construyó un sistema geométrico (llamado geometría elíptica) en el que substituyó el axioma de la paralela por el "axioma de Riemann": según el cual dos rectas cualesquiera en un plano siempre tienen por lo menos un punto en común; esto significa que no existen rectas paralelas. También Riemann desarrolló con coherencia su sistema, obteniendo de este modo una geometría no euclidiana.

La presencia de estos matemáticos nos hace comprender la magnitud y alcances de los estudiosos en la búsqueda de nuevas propuestas que permitan acercarnos aún más a las representaciones de nuestra realidad. La perspectiva curvilínea es otro ejemplo de ello que se apega más a la amplitud de la visión humana, ya que interpreta mejor el campo visual de nuestra retina.

La Perspectiva Curvilínea es una representación esférica de la naturaleza sobre una superficie plana derivada de la sensación circular de nuestros sentidos. La perspectiva curvilínea permite establecer no sólo los alejamientos hacia el fondo, sino los volúmenes espaciales laterales, o dicho de otro modo, puede crear sobre la superficie plana todos los volúmenes de un cuerpo, de varios cuerpos o de una escena²⁸.

Tanto la geometría no euclidiana hiperbólica como la elíptica; buscan la representación de la línea curva, un criterio acertado si entendemos que desde nuestra manera de ver, el ojo es una superficie esférica y nuestro campo visual también.

Ejemplo: Podemos analizar este comentario si nos referimos a una línea de horizonte. Cuando observamos hacia el horizonte, distinguimos una línea que separa la tierra del cielo; a ésta línea la llamamos *línea de horizonte*. Ese horizonte lo percibimos como una línea recta; pero si examinamos detenidamente, nosotros vivimos en un planeta esférico, al cual lo rodea una línea curva.

El tamaño de una persona en comparación con el planeta es minúscula. Al contemplar ese horizonte, por la diferencia de dimensiones sólo vemos un pequeño segmento que por su tamaño parece recta, pero en realidad, lo que vemos es un segmento de línea curva.

Por lo que tal vez deberíamos considerar que todo nuestro pensamiento constructivo y visual se rige por una geometría no euclidiana.

Tanto la geometría plana, descriptiva y no euclidiana constituyen, sin embargo, los límites puestos a través de la historia, con demostraciones y comprobaciones basadas en la lógica y las matemáticas y que han sustentado a través del tiempo el conocimiento con el único fin de CREAR; ya sea en la sustentación o generación de más conocimiento de manera interdisciplinaria.

La construcción de la geometría mediante el lenguaje natural, que apela el empleo de determinadas palabras en función de términos indefinidos. En este caso, las palabras son divididas en dos clases: las que conservan un significado fijo e inmutable, y aquellas cuyo significado debe ser reajustado hasta que el sistema adquiera coherencia.

Construir una geometría de esta manera exige que los significados de las palabras correspondientes a la primera clase se encuentren ya establecidos, en algún ámbito exterior a la geometría.

Estas palabras forman un esqueleto rígido, que otorga una estructura subyacente al sistema; otro material es

²⁸SANTALÓ, Luis G. *Una nueva perspectiva: La Perspectiva Curvilínea*. Editorial Cultural, México, 1934, p. 11

el encargado de rellenar el esqueleto, y puede ser de uno u otro tipo (de orientación euclidiana o no euclidiana)²⁹.

En este caso las palabras que conservan su significado fijo y que forman ese esqueleto rígido serían las Matemáticas; esta ciencia es la columna vertebral del conocimiento geométrico y ha dado pauta a las diversas manifestaciones en torno a ella, donde los ajustes al sistema son los diversos pensamientos y tratan de romper con una norma establecida donde lo "euclidiano" es la verdad absoluta. Sin embargo, al hablar de una ciencia, no podemos pensar que las geometrías no euclidianas serán las últimas transformaciones geométricas, ya que sería aceptar que no hay una evolución o que el universo y la naturaleza ya dieron todo de sí mismos.

1.4. Geometría y sus aplicaciones.

No es un secreto y menos dentro del campo gráfico, que la geometría es aplicada y desarrollada en diversos enfoques visuales; tanto en la arquitectura como en el diseño gráfico y el diseño industrial, son múltiples las aplicaciones para esta disciplina. Pero la geometría también puede ascender al auxilio de otras grandes ciencias como la Física, las Matemáticas, la Biónica, etc. Debido al interés de esta investigación enfocaremos estas aplicaciones geométricas dentro del ámbito visual.

En párrafos anteriores se hacía mención de los tres tipos de geometrías: la plana, descriptiva y no euclidiana; y estos mismos, comprendían determinados procedimientos y elementos que conforman y justifican el empleo de la geometría.

Sin duda alguna, en el diseño gráfico se observa claramente la intervención de la geometría desde el diseño de logotipos, logosimbolos, identidades, marcas; hasta la propuesta de soportes tridimensionales que involucran puntos de venta como lo son: *displays*, escaparates, envases, escenograffas, *stands*. El lenguaje gráfico debe ser muy claro ya que cumple con la función de comunicar y cubrir una necesidad.

A lo largo de este proceso de creación de imágenes, el diseñador hace uso de polígonos, proyecciones, perspectivas, así como de trazos básicos pasando por la geometría plana y abarcando perspectivas incluso de tres puntos de fuga.

En la elaboración de imágenes corporativas, logotipos, símbolos, la manipulación de formas planas es

²⁹HOPSTATER, Douglas. *op.cit.* p. 115

indispensable para lograr la disposición de elementos dentro de una composición. Sin embargo, no basta conocer las formas geométricas para disponer de ellas, se debe dominar su construcción y sus posibles reglas. En la presentación de dichas representaciones interviene nuestra percepción al establecer tres dimensiones dentro de un plano; es decir, la sensación de volumen donde no existe.

En la presentación de proyectos acerca de los posibles puntos de venta de productos, la perspectiva es de gran ayuda para la distribución y creación en el espacio ajustando los procedimientos geométricos al resultado que se pretende con dicha imagen:

Al hablar de diseño, en cualquiera de sus ramas, hablamos de una profesión que se dedica a crear soluciones que satisfagan una necesidad específica. En el proceso de diseño que se sigue para crear dicha solución existen varias fases en las cuales la perspectiva puede ser utilizada como una herramienta del pensamiento humano. Cuando el diseñador ha decidido cuál opción es la mejor, el siguiente paso consiste en expresar dicha solución. Para esto se pueden utilizar formas tridimensionales como prototipos, maquetas, *dummies*, o formas bidimensionales como *renderings*, dibujos de presentación o *dummies*. Es en estas representaciones bidimensionales que la perspectiva se puede utilizar provechosamente para expresar la solución a la que se ha llegado y puede hacer resaltar algunas características del diseño, hacer que parezca más grande o chico, dibujarlo dentro del entorno en el que va estar; la perspectiva tiene con esos puntos una ventaja sobre las maquetas: en la perspectiva se determina exactamente el punto de vista del observador, evitando así la sensación que producen las maquetas hechas a escala¹⁰.

Cabe recalcar que en el diseño de carteles, ilustraciones y todo lo que involucra lo bidimensional, la perspectiva soluciona la tridimensión aplicada en un plano; pero tal vez lo más importante es que al ser la perspectiva un método de dibujo para representar el espacio de algo ya existente, de igual manera permite crear mundos que solo existan en nuestra imaginación; prueba de ello es esta investigación enfocada al análisis de la obra de Escher, quien se caracterizó por manifestar mundos imposibles, que solo en sueños se pudieran imaginar y concebir, pero que gracias a la geometría materializó por medio de una imagen. Si bien la perspectiva es responsable de grandes cosas, no es el único recurso y ésta es una ventaja para los que son poco conocedores del mundo geométrico.

Pero la geometría no sólo resuelve problemas del diseño; en la arquitectura se vuelve indispensable el uso de proyecciones ortogonales, así como el empleo de montañas para desglosar las vistas de una edificación; que consta de vista de planta, vista frontal y vista lateral, lo que permite conocer al objeto desde cualquier punto.

De igual manera, el uso del dibujo axonométrico ha sido utilizado para visualizar a los objetos como alternativa a la perspectiva, incluso en las llamadas "secciones" que esto consiste en hacer un corte al objeto en perspectiva o axonometría y permite observar como es por dentro dicho elemento. En la arquitectura se trabaja con modelos simulando a escala las estructuras a realizar; en este proceso la presencia de sólidos platónicos, las llamadas geodésicas así como los planos seriados, son fundamentales, y pueden ejemplificarse en el domo del Palacio de los Deportes, las carpas de circo, las columnas formadas por tetraedros, y un sinnúmero de aplicaciones que describen por sí mismas la intervención de la geometría.

¹⁰LORENZO, Alfredo. *Muradás. Manual de Perspectiva Medida*. Universidad Iberoamericana, México, 1994, p. 12

Otra área dentro de las artes que ha dejado entrever a la geometría como sustento de su composición es la Pintura, grandes pintores como Leonardo da Vinci en el Renacimiento manifestaron claramente el uso de la perspectiva en sus cuadros; la utilización de los sistemas de proporción es otra vertiente de la geometría, desde los egipcios, pasando por los griegos y en la edad media se dieron diferentes cánones de proporción. En las culturas primitivas la ubicación del ombligo era el punto de partida para las representaciones antropomorfas, por su valor simbólico: gestación, unión con la madre --siendo ésta tierra, ser humano, o conciencia del dejar de ser. Los egipcios tomaban el ombligo como centro de una línea vertical sobre la cual cruzaran dos perpendiculares, una del ombligo para arriba y otra del ombligo hacia abajo, y así se consigue la posición de las rodillas y los senos. Después se propone un canon nuevo que toma como módulo el dedo de la mano.

Pero para los griegos se establece una relación matemática más compleja que la simple división de medios y cuartos llamada siendo la Sección Áurea la más conocida, y más tarde la divina proporción o del "número de oro" considerada por algunos como la de mayor armonía dentro de una composición.

Cabe mencionar que las proporciones sólo son una parte de la presencia geométrica en la pintura; existen varias corrientes artísticas que se caracterizaron al igual que sus exponentes por utilizar cuerpos geométricos en la búsqueda de un estilo.

El Abstraccionismo, el Cubismo, el Futurismo y diversas vanguardias artísticas emplearon de una u otra manera a la geometría como estructura, como elemento formal o como el todo dentro de la obra. Uno de los artistas que influyó en ese geometrismo fue Cézanne:

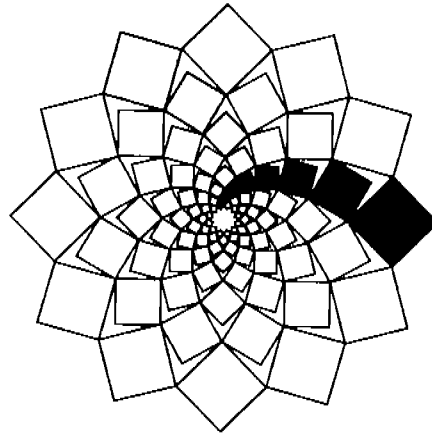
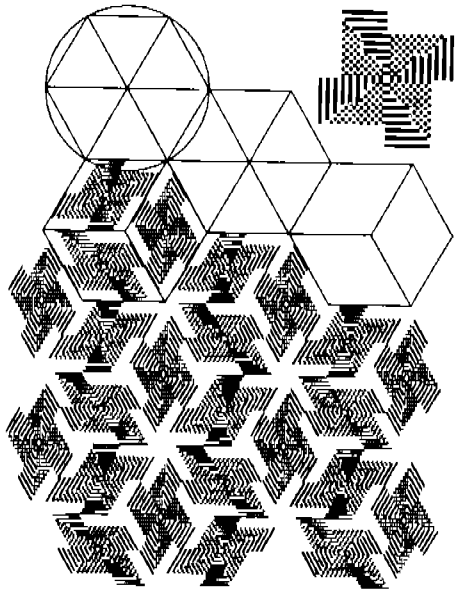
Cézanne elaborando el dato de naturaleza a través de las operaciones de análisis y de síntesis realizadas por la conciencia, trata "la naturaleza según el cilindro, la esfera y el cono, el conjunto puesto en perspectiva", verificando el espacio en la estratificación de la materia-color. De aquí deriva la composición analítica del objeto y del espacio según las coordenadas geométricas que corresponderá después a la visión racional de los cubistas¹¹.

La necesidad que sentía Cézanne por reproducir los objetos por medio del cono, cilindro y esfera sin duda da el inicio a lo que sería el cubismo; sin embargo esa "necesidad" es la que alguna vez ha invadido al creador para proponer formas o diversas maneras de ver que no sea como acostumbramos, "figurativamente". No hay que olvidar que también hubo un simbolismo geométrico en las catedrales góticas y en las pirámides egipcias y que la tendencia a simbolizar se manifiesta por medio de la geometrización, ya que brinda en el mínimo de elementos una gran significación sin caer en la obviedad al momento de comunicar.

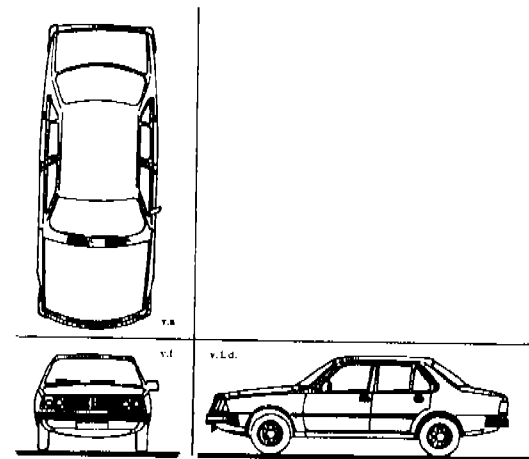
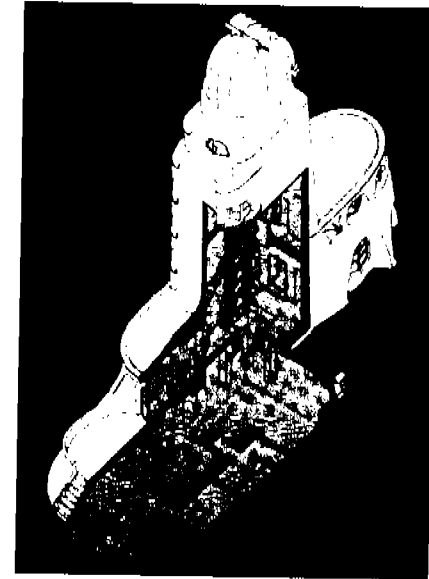
A la geometría no hay que explicarla, hay que observarla y contemplarla como el origen de cualquier manifestación visual del ser humano; por lo mismo, se ejemplificará su aplicación en diversos campos de estudio como los antes mencionados.

¹¹BOSSAGLIA, Rossana. *El Impresionismo y los Inicios de la pintura moderna*. Planeta, Barcelona, 1988, p. 15

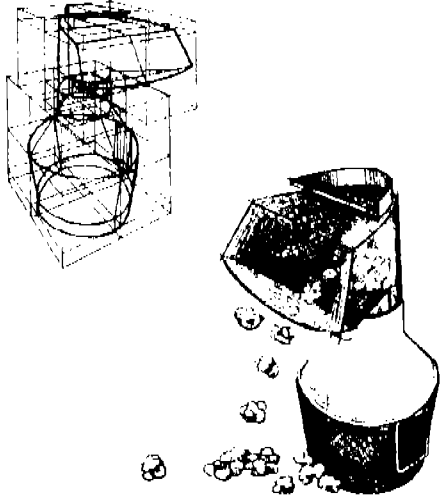
• GEOMETRÍA PLANA



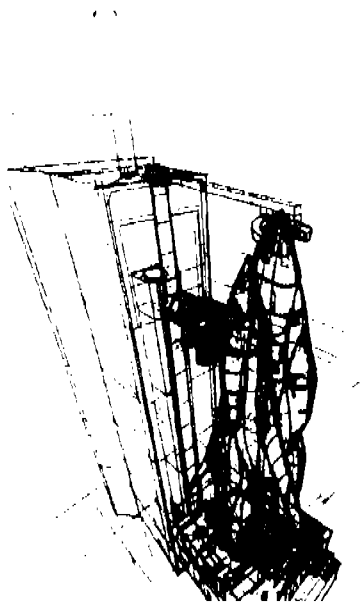
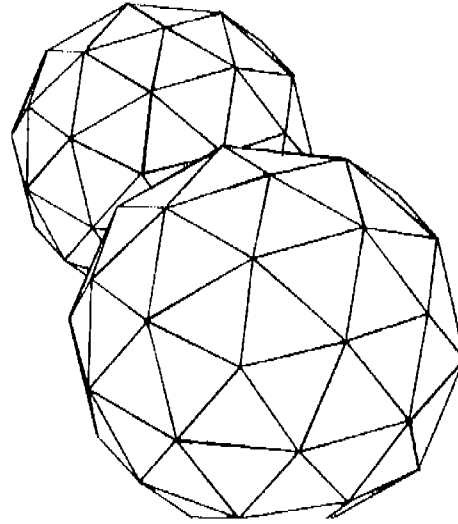
• GEOMETRÍA DESCRIPTIVA



• PERSPECTIVA



• GEOMETRIA NO EUCLIDIANA



capítulo II.
LA FORMA
GEOMÉTRICA

¿Es pura coincidencia que en el nivel molecular [...] la forma de la molécula de ADN, patrón que tiene codificado en miniatura el plan maestro de todo el desarrollo futuro del organismo vivo, coincida exactamente con el patrón de unión de la espiral tridimensional en doble hélice, tal como las dos serpientes de la varita mágica de Hermes?

2.1. La geometría en la naturaleza

A través del tiempo, el hombre ha demostrado y confirmado que el mejor maestro en su desarrollo y aprendizaje es la vida misma; el ambiente que lo rodea, lo que la naturaleza por origen propio manifiesta en todo su esplendor sin la intervención humana.

La observación ha sido en la mayoría de los casos, el único recurso disponible para entender fenómenos que requieren una respuesta o bien, que brindan alguna a interrogantes planteadas con el objetivo de aportar nuevas vías de comportamiento, descubrimientos e incluso impulsar a la ciencia y la tecnología a caminos desconocidos.

El hombre es un ser imitativo que adaptó los procesos naturales a sus necesidades culturales; y le doy la connotación de "cultural" a cualquier aspecto que tenga en su haber la intervención del ser humano; por lo que la esencia de las cosas que están a nuestro alrededor se manifiesta en la "originalidad", sin influencia alguna y eso fundamenta su grandiosidad que es la prueba más contundente de su existencia.

Casi toda otra criatura de la Tierra posee su sitio y su actividad especiales, sin lo cual no podría sobrevivir. La Humanidad no posee tal cosa, y por lo tanto debe construir, formar y diseñar, para cambiar su ambiente y hacerlo habitable.

Aunque sean ajenas a muchos aspectos de la red biológica, las cosas que la gente construye, la forma de esas cosas, los materiales empleados, las leyes que

controlan tamaños y estructuras, no son muy diferentes a las que operan en todo el mundo natural. Las cosas que construimos tienen una apariencia singularmente humana y así debe ser, pero la metodología que está tras la forma es planetaria¹.

Las formas naturales son universales: pueden reconocerse plantas, flores, animales u organismos proveniente de la naturaleza, y de estas formas derivan las formas culturales; es decir, la interpretación humana de los seres vivos o inanimados llevada hacia un lenguaje también considerado universal. Sus aplicaciones pueden ser diversas, ya sea en máquinas, herramientas o en la creación de métodos para producir nuevas cosas.

Leonardo da Vinci gran admirador del mundo natural, pasaba horas contemplando los fenómenos a su alrededor; analizando el vuelo de las aves y su forma, Leonardo diseñó máquinas para que el hombre pudiera volar. Esa capacidad de análisis, la paciencia y el ingenio han llevado a grandes creadores: científicos, inventores, artistas, a replantear lo ya existente en un lenguaje común y aplicable a nuestras necesidades cotidianas.

La geometría es uno de estos lenguajes, en este caso visual, que desarrolló sus elementos constructivos con base en las estructuras de flores, copos de nieve, etc.

Anteriormente se mencionó que el triángulo, cuadrado y círculo son las formas básicas en la geometría y que todo cuanto existe se deriva de ellas; de igual manera, estas formas son la base de la generación del mundo natural.

Si nuestra intención fuera emprender una búsqueda hacia el origen y el surgimiento de la forma de toda vida, descubriríamos en el caso del ser humano, que tanto sus proporciones como su patrón molecular tienen estrecha relación con la geometría.

¹WILLIAMS, Christopher. *Los Orígenes de la forma*. Barcelona, Gustavo Gili, 1984, p.8

¿Es pura coincidencia que en el nivel molecular —como se descubrió hace pocos años— la forma de la molécula de ADN, patrón que tiene codificado en miniatura el plan maestro de todo el desarrollo futuro del organismo vivo, coincida exactamente con el patrón de unión de la espiral tridimensional en doble hélice, tal como las dos serpientes de la varita mágica de Hermes?

Más aún, hace poco se descubrió que dentro de las estructuras de la célula viva, algunos de los elementos mínimos más importantes (los corpúsculos rojos y blancos de la sangre, por ejemplo) se agrupan en patrones de espirales dobles?

Tal vez no haya palabras para expresar la emoción al detenernos a pensar que somos tan grandes y a la vez tan minúsculos al ser creados por formas microscópicas y que su mismo tamaño no esconde su colosal trascendencia sobre cualquier ser viviente.

Considero que los grandes científicos, artistas y demás hombres que han dedicado sus esfuerzos a entender y transmitir los conocimientos adquiridos a través de largas investigaciones deben su sencillez y sabiduría a la certeza de que de una u otra manera sólo somos un vínculo entre el universo y lo humano para difundir la maravilla natural de la cual somos objeto y resultado, inspiración de un ser superior.

La geometría sólo es un grano de arena entre tantos más; pero es un alivio saber que existe y que nos acerca a futuras respuestas de vida tanto intelectuales como creadoras.

Se hacía mención a las proporciones del hombre relacionadas con la Sección Áurea. En el primer aspecto, debemos a Vitruvio el trabajo del que partieron varios estudiosos, definiendo que la altura del hombre bien formado es igual a la amplitud de sus brazos extendidos y estas medidas iguales generan un cuadrado que abarca

todo el cuerpo; en tanto que las manos y pies desplazados tocan un círculo centrado en el ombligo.

La Sección Áurea, puede considerarse el equilibrio entre simetría y asimetría, entre orden y desorden, de una razón mayor a una menor, el sistema de proporción con mayor armonía. Fibonacci fue responsable de la creación matemática partiendo de la serie de números naturales:

1,2,3,4,5,6,7,8,9

combinándolos de la siguiente manera, sumando las dos cifras anteriores:

1+1=2, 1+2=3, 2+3=5, 3+5=8, 5+8=13, 8+13=21,
13+21=34, 21+34=55, 34+55=89, 55+89=144,
89+144=233... etc.

Estos nuevos números los convirtió a quebrados dando por resultado una razón mayor (masculina) y una razón menor (femenina), obteniendo el numerador de cada operación con la suma de los dos números anteriores, y el denominador sumando el anterior denominador con el nuevo numerador:

Mayor: $\frac{1}{1}$ $\frac{2}{3}$ $\frac{5}{8}$ $\frac{13}{21}$ $\frac{34}{55}$ $\frac{89}{144}$ $\frac{233}{377}$...etc.

Menor: $\frac{0}{1}$ $\frac{1}{2}$ $\frac{3}{5}$ $\frac{8}{13}$ $\frac{21}{34}$ $\frac{55}{89}$ $\frac{144}{233}$...etc.

dándonos así el número de oro = 1.618 Φ , obtenido de la división entre numeradores y denominadores.

La sección áurea, utilizada en la composición dentro de las artes plásticas, no es un invento del hombre; ge-

³DOCZI, Gyorgy. *El Poder de los límites*. Argentina, Shambala Publications, 1996, p.30

nerada por la naturaleza, siempre ha estado ahí y solo esperó ser descubierta.

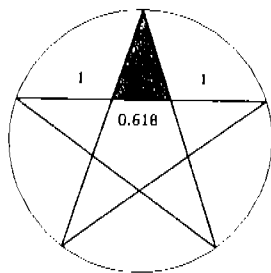
Con frecuencia se ha demostrado que las proporciones de la sección áurea aparecen comúnmente en los patrones del desarrollo orgánico³.

En la naturaleza, el copo de nieve es uno de los más bellos ejemplos de este principio: cada copo es diferente y, sin embargo, todos se hallan aunados por su patrón hexagonal básico.

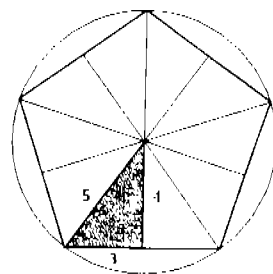
Esta uniformidad caracteriza todos los patrones inorgánicos cristalinos, más ordenados y uniformes que los patrones de lo viviente⁴.

Cabe mencionar que no solo la estructura hexagonal es repetitiva en el mundo orgánico; los pentágonos son también recurrentes en seres vivos o inanimados.

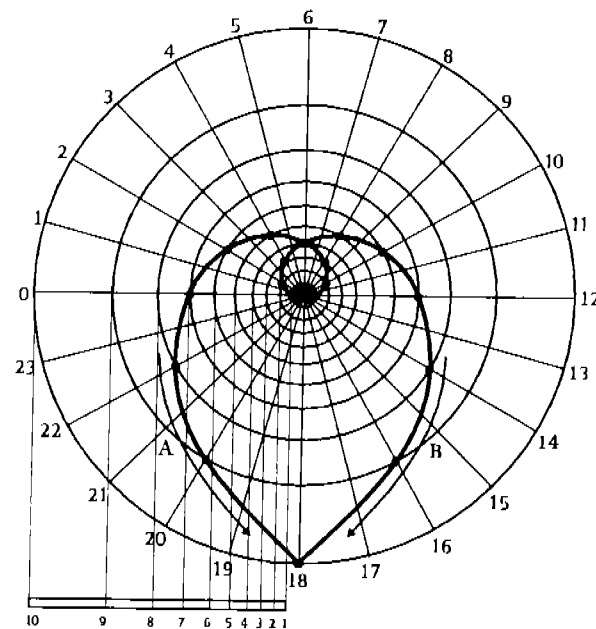
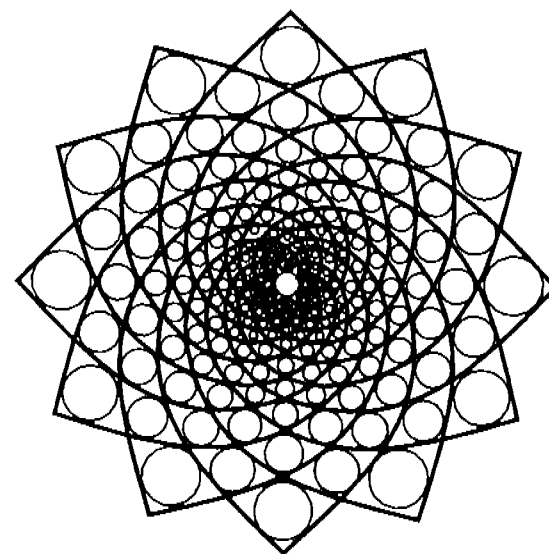
Espirales, polígonos, estrellas, corresponden en su totalidad a formas geométricas obtenidas de triángulos o circunferencias; ya que si dividimos estos elementos ó sumamos un número determinado de triángulos, obtendremos polígonos regulares, polígonos estrellados (estrellas) y la subdivisión de la circunferencia nos dará la envolvente en espiral:



Polígono estrellado



Pentágono



Espiral

³Ibidem. p.3

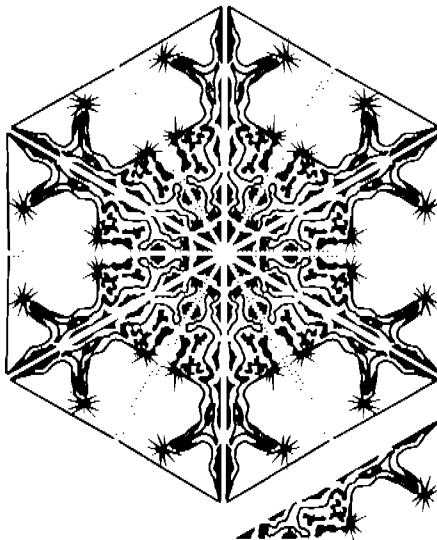
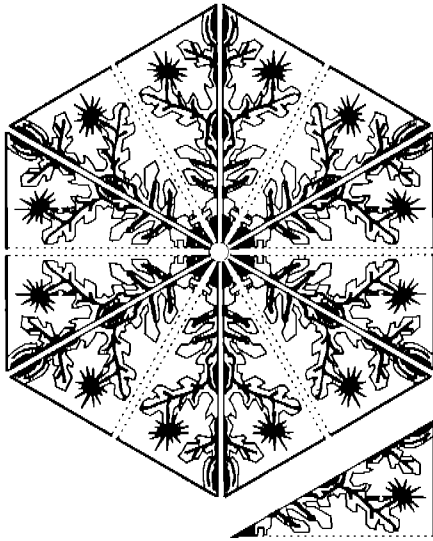
⁴Ibidem. p.79

A manera de conclusión, podemos dividir a la forma en:

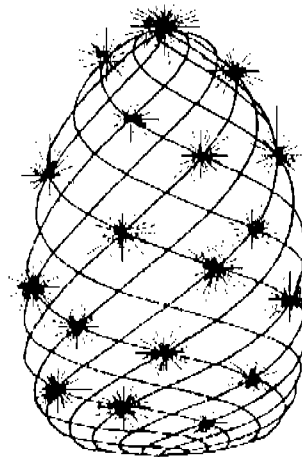
- a) Forma natural
- b) Forma cultural

donde la primera ha seguido su desarrollo y reproducción por reglas o leyes fuera de nuestro alcance y sin que nadie reclame el derecho de tan perfecta manifestación visual, creadora e incluso, compositiva.

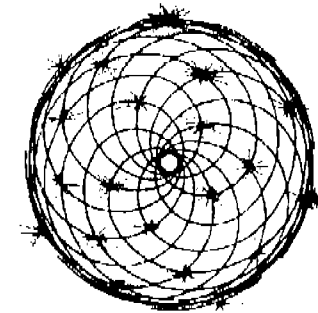
Y la segunda; es decir, la forma cultural, sólo justifica la labor del pensador recapitulando lo antes hecho por la naturaleza; pero esta ardua labor no es menospreciada, ya que se necesita una gran capacidad y sensibilidad para entender o por lo menos tratar de comprender el origen de las cosas, el porqué de su existencia y nuestra relación con ellas; además que el estudio de esos fenómenos naturales ha permitido que sean trazados diversos caminos hacia una gran ciencia como la geometría.



Hexágonos (copos de nieve)



Hélices (patrón de una piña)



2.2. Las formas geométricas

Después de explorar la injerencia de la geometría en la naturaleza, resulta sencillo entender el papel de las demás formas dentro del conocimiento geométrico. Pero al estar clasificadas en formas planas y cuerpos geométricos no significa que el proceso creativo se detiene ahí; unas llevan a otras sucesivamente, en una función infinita.

Podemos definir a la forma geométrica como aquella construida matemáticamente. No suena descabellado, ya que la geometría proviene de las matemáticas; pero no debe causar confusión el hecho de que al ser una ciencia exacta no se permite salir de sus límites constructivos para inmiscuir la sensibilidad y el toque personal de quien las utilice.

El afán geometrizar del hombre empezó muy temprano, en los albores de la humanidad y ha continuado tenaz e ininterrumpidamente a través de edades, épocas, credos y nacionalidades, pues a semejanza de sus hermanas: la *música* y las *matemáticas*, la *geometría* en su esencia, es intemporal, carente de edad, de nacionalidad, de confinamientos en credos transitorios y límites filosóficos.

Nadie puede alardear de acapararlos en exclusivo ejercicio.

Las expresiones con el sonido, con la forma, y con el número han sido siempre la mayor manifestación posible de la libertad creadora del hombre⁵.

La geometría ha brindado elementos para el desenvolvimiento del pensador, el teórico y hacedor de imágenes; como lo expresa Bruno Munari: "*Bástenos mirar en torno nuestro y veremos que por más precaria, subdesarrollada, o elemental que sea 'la civilización' que nos rodea, en todo aquello que denote la huella de la mano del hombre encontraremos 'el hecho geométrico' que lo caracteriza*". Y de esta manera, el hombre parece reaccionar hacia las formas que siguen un patrón geométrico y que encajan perfectamente en sus necesidades de supervivencia, tanto en la vida diaria como en sus anhelos espirituales.

Decimos que el hombre empezó desde su amanecer a utilizar la geometría; los utensilios primitivos así lo demuestran. Más tarde perfeccionó esta geometría y le añadió belleza, "descubrió la plástica", la consideró sagrada y la utilizó como magia o como ofrenda a sus dioses, antes que adorno a su persona o a su hogar; tal vez (hay muchas posibilidades) el primer *shaman*, conductor, o individuo ungido por la credulidad de los de su tribu o clan, fue el plástico pintor de la pared de la gruta, o rascador del duro hueso que iba a representar algo⁶.

Sin embargo, ¿cómo delimitar la intervención de la forma geométrica en la geometría misma?

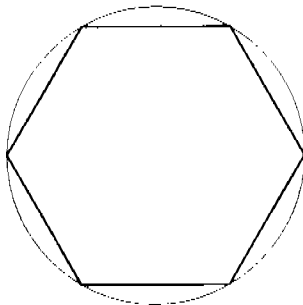
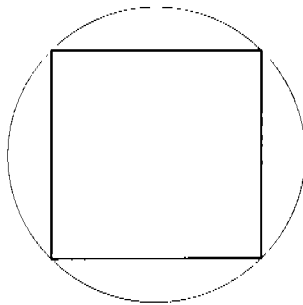
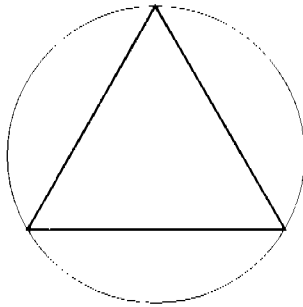
La forma en la geometría se considera la existencia de un límite o la ocupante de un espacio; de este modo, la forma tiene a su vez un "límite" formado por una línea recta o curva, cualquiera de éstas debe poseer una dirección, por lo que será considerada línea ascendente o descendente; una posición, ya sea horizontal, vertical o diagonal si es una línea recta.

En el caso de la curva puede derivar una circunferencia si funciona como "límite" o bien, un círculo si delimita un espacio.

⁵BALMORI, Santos. *Aurea Mesura. La composición en las artes plásticas*. UNAM, México, 1997, p.65

⁶*Idem.*

Dentro de esta configuración, las formas geométricas pueden estar inscritas o circunscritas en otras y dependiendo de esta relación se consideran formas regulares o irregulares. Prueba de ello son los polígonos, los cuales al ser encerrados o circunscritos por una circunferencia se consideran polígonos regulares:



No debemos olvidar que estas figuras se originan de otras esenciales: las formas básicas; cuyas variaciones logran la obtención de todas las demás.

El triángulo, el cuadrado y el círculo representan el principio estructural del mundo geométrico.

Este aspecto formal de la geometría se establece desde la forma como punto reconocida como tal por su pequeñez; la forma como línea por su ancho estrecho y prominente largo; la forma como plano limitado por líneas y finalmente la forma como volumen, donde destacan los cuerpos geométricos: pirámides, conos, cilindros, poliedros, etcétera; que involucran al espacio desde un punto de vista ilusorio, ya que nos referimos a la representación de formas en un plano, esto habla de volumen donde no lo hay realmente; es decir, manifiesta tres dimensiones dentro de dos: ancho y largo, por lo que el concepto de espacio solo se encuentra en nuestra mente, a nivel perceptual.

Pero punto, línea, plano y volumen no solo se rigen por una presencia individual, son muchos los artistas que los han retomado para colocarlos dentro de la obra; transformándolos de formas geométricas a imagen.

Esto nos enseña como receptores a no ver aisladamente la geometría ni evitar relacionarla con nuestra vida diaria, en un análisis funcional y artístico. Es cierto que para muchos la presencia geométrica no brinda el lazo afectivo, emocional o en el sentido más práctico, no muestra un panorama libre y sin obstáculos para desempeñar una actividad acostumbrada a estar fuera de toda restricción creadora.

Si fuera verdad lo anterior, los pintores serían los primeros en rechazar al lienzo, ya que delimita su espacio y no les permite ir más allá de él; o que decir de la Sección Áurea, que proporciona y distribuye armónicamente los elementos dentro de un plano, se debería excluir de

los sistemas de proporción ya que se rige bajo reglas matemáticas. ¡¡¡Qué absurdo!!!

De igual manera suena incoherente despreciar la forma geométrica; afortunadamente, el pensamiento es libre y quien no esté convencido de los alcances de la geometría solo corre el riesgo de no fascinarse con esta ciencia y sus alcances.

Dicho de otra manera, como lo hace Juan Acha:

A parte de no ver figuras naturistas, nos choca la presencia en el arte de formas pertenecientes a la ciencia, interpretando como un acto antiartístico esta presencia que excluye las expresiones emocionales, individuales e irracionales a que nos tiene acostumbrados la visión romántica del arte. En vez de expresividad y misterio, encontramos triángulos, círculos y cuadrados, todos ellos transparentes a la razón, inteligibles de una semántica establecida. Son formas prototípicas y archiconocidas, cuya sintaxis o configuración nos resulta demasiado "abierto": exenta de significados, de tanto ser susceptible de recibir múltiples significaciones o connotaciones.

Las ausencias y negociaciones son, sin embargo, meras consecuencias de la presencia de una geometría que afirma. Porque las ausencias o presencias, las negociaciones o afirmaciones representan caras de la misma moneda estética⁷.

⁷El Geometrismo Mexicano. op.cit. p.34

2.3. Conocimiento y clasificación de la forma

La forma es algo más que la suma de elementos, la caracterizan ciertas propiedades inherentes a ella, lo que la convierte en una entidad visual completa.

Cuando nos preguntamos ¿que forma tiene ese objeto? damos inicio a la descripción por tamaño, referencia de figura, los límites de que está compuesta ya sea por líneas rectas o curvas, una forma plana o volumétrica, textura, contraste, etc. Estas características serían las propiedades inherentes de la forma. Nuestro primer razonamiento sería si se trata de una forma bidimensional o tridimensional.

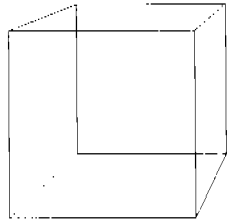
La forma bidimensional está limitada por ancho y largo, las dos dimensiones del plano.

Y la forma tridimensional puede tener dos acepciones:

1. La forma como volumen; es decir, tiene anchura, altura y profundidad y puede ser observada desde cualquier punto de vista, desde arriba, a los lados, ya que se trata de un cuerpo manifestado en materia, tangible y real.

2. El otro punto de vista es la representación del espacio en un plano. Cuando nos auxiliamos de la geometría para manifestar ancho, alto y profundo dentro de dos dimensiones; se percibe el volumen de un objeto pero realmente no existe. Es una tridimensión-bidimensional.

Ejemplo: Este cubo donde se aprecia volumen, sólo está dibujado, no es un objeto real ya que el espacio está sugerido y no manifestado en materia.



FORMA: Apariencia, configuración, estructura, organización que reciben las impresiones sensoriales en la percepción.

Así el punto, la línea o el plano, cuando se dibujan, se convierten en formas que pueden percibirse visualmente⁸.

Esta definición de forma sigue los lineamientos de lo planteado en el capítulo 1, donde la diferencia entre punto, línea y plano conceptual y visual se hacía presente; por consiguiente se entiende a la forma como el elemento plasmado en un soporte.

FORMA: Configuración y estructura de algo que lo diferencia de su sustancia o materia.

También modo de disponer y coordinar los elementos o partes de una composición a fin de producir una imagen coherente; la estructura morfológica de una obra de arte⁹.

Hablando de manera general, definiremos la forma como contornos cerrados que ocupan un espacio y se diferencian del fondo.

Pero estas formas en la mayoría de los casos encierran un contenido específico. Wucius Wong plantea una clasificación de ellas a partir de que contengan un tema identificable donde *“establece una comunicación con los observadores en términos que van más allá de lo puramente*

*visual. A éstas se las denominan formas figurativas. Cuando una forma no contiene un tema identificable, se le considera como no figurativa o abstracta”*¹⁰.

Clasificación de la forma:

1. Formas figurativas. Pueden ser ejecutadas con realismo fotográfico o con cierto grado de abstracción—mientras no sean tan abstractas que conviertan el tema en no identificable. Si el tema no se puede identificar, la forma no es figurativa.

2. Formas naturales. Las formas naturales comprenden los organismos vivientes y objetos inanimados que existen en la superficie de la tierra, en los océanos o en el aire.

3. Formas artificiales. Son formas figurativas derivadas de objetos y entornos creados por el hombre. Pueden representar edificios, muebles, vehículos, máquinas, productos domésticos, etc.

4. Formas verbales. El lenguaje escrito consta de caracteres, letras, palabras y cifras que posibilitan comunicaciones visuales precisas. Una forma basada en el elemento del lenguaje es una forma verbal.

5. Formas abstractas. Carecen de tema identificable. Una forma abstracta expresa sensibilidad del diseñador para con el contorno, color y composición sin basarse en elementos identificables.

Esta clasificación de la forma basada en un tema nos remite al proceso creativo en la elaboración de una imagen, aplicada a la obra de arte o una imagen gráfica.

Cabe aclarar que esta taxonomía de la forma no abarca todas las existentes; sin embargo, plantea la diferencia entre formas orgánicas y geométricas así como formas planas y tridimensionales, son las que atañen a

⁸CARRERÓN Zamora, Enrique. *Vocabulario de dibujo*. México, UNAM, 1988, p.11

⁹CHING, Francis. *op.cit.* p.398

¹⁰WONG, Wucius. *op.cit.* p.146

esta investigación y nos dejan claras sus características analizadas más adelante en la obra de Escher.

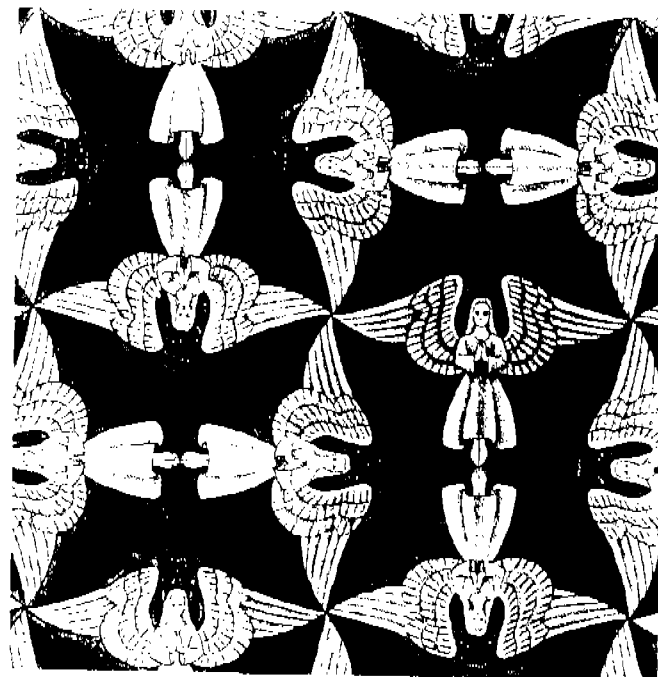
Tomando en cuenta este aspecto escheriano, faltaría retomar una clasificación donde interviene el contraste, la utilización de blanco y negro; o sea, formas positivas y negativas.

Formas positivas y formas negativas: Por regla general, a la forma se la ve como ocupante de un espacio, pero también puede ser vista como un espacio ocupado. Cuando se la percibe como ocupante de un espacio, la llamamos forma "positiva". Cuando se la percibe como un espacio en blanco, rodeado por un espacio ocupado, la llamamos forma "negativa". En el dibujo y en el diseño en blanco y negro, tendemos a considerar al negro como ocupado y al blanco como vacío. Así una forma negra es reconocida como positiva y una forma blanca como negativa¹¹.

Esta consideración de formas positivas o negativas puede derivar en el manejo de figura-fondo.

Generalmente, en figura-fondo se utilizan formas positivas y negativas, fenómeno considerado en el campo de la percepción, ya que la vista es engañosa al no decidir cual es el fondo y cual la figura, aunque estén definidos por acromáticos (blanco y negro).

Ejemplo de figura-fondo:



En esta obra de Escher *Ángeles y diablos*, se puede observar el manejo de figura-fondo, además de la utilización de formas positivas y negativas; los ángeles en blanco y los diablos en negro.

Cielo e infierno (Límite circular IV), litografía, 1960, diámetro 41.6 cm

Se profundizará más en este aspecto de la forma cuando se retome con mayor precisión en el capítulo III.

¹¹CARREÓN Zamora, Enrique. *op.cit.* p.11

2.4. Manipulación y metamorfosis en la forma

En la búsqueda de variaciones de las formas ya existentes, sean geométricas o figurativas, se han establecido lineamientos para manipularlas y transformarlas en algo más complejo.

Llamo "manipulación" al acto de manejar ó disponer de la forma para obtener de ella una respuesta acorde con lo que se necesite con un objetivo específico.

Esta manipulación nos conduce a la SIMETRÍA.

Generalmente a la Simetría se le relaciona con el equilibrio, monotonía, partes iguales, semejanza de formas; también se encuentra en la naturaleza y por lo tanto rige nuestro entorno desde hace mucho tiempo, de una manera bella.

La palabra simetría proviene del griego *sy' mmetros* —que significa mensurado, adecuado, proporcionado, de proporción apropiada, de medida conveniente o también en el momento oportuno—, e indica la posición que ocupan las partes de un todo entre sí.

La simetría está dada por la relación (*bella*) de una parte con otra y de las partes con todo. Su expresión manifiesta se encuentra en la repartición regular de motivos y circunstancias similares o iguales, parecidas o afines¹².

Para obtener motivos y distribuirlos se requiere algo más que la simetría simple; con esto me refiero a que dentro de ella existe un subgrupo englobando tipos y operaciones de superposición simétrica que clasifican a

la forma según su tamaño, número y especie derivando a un conocimiento más amplio en la manipulación, donde la acumulación de formas conduce a otras más elaboradas; de esta manera, la simetría estudia la forma básica y a la vez al conjunto de formas obtenidas de la suma de las anteriores. Este proceso es infinito y no tiene un límite en la combinación de procedimientos. Sin embargo, no hay que olvidar un aspecto importante: la proporción.

Se hablaba del equilibrio en la simetría y no podemos desligar esta característica de la proporción; y al ser una proporción visual la que nos interesa en el caso de las imágenes, la definiremos como la relación de forma y tamaño de los objetos que agradan al ojo humano.

El secreto de la proporción radica no en las formas por sí mismas, sino en las relaciones entre ellas. Si se incluye forma y tamaño, hay tres tipos importantes de relaciones entre los objetos que la vista posee para reconocer la relación entre los objetos que tienen la misma forma:

a) Este poder puede ejercerlo cualquiera que sea la distancia de los objetos, y hasta ciertos límites puede sobreponerse a la distorsión causada por la visión de aquellos desde diferentes ángulos.

b) La segunda relación es la de los objetos que tienen a la vez el mismo tamaño y forma, pero el reconocimiento de ésta exige condiciones más favorables, un ejemplo de esto es el Sol con la Luna, a nuestra vista ambas son del mismo tamaño; podríamos caer en la idea, pero sabemos de antemano que no, sin embargo la vista puede reconocer ésta relación fácilmente.

c) Finalmente, existe la relación de objetos que tienen el mismo tamaño pero diferente forma.

¹²WOLF, K.L. *Forma y Simetría*. BUENOS AIRES, Argentina, 1969, p.7

Así como en la proporción hay diferentes normas, éstas nos conducen a la simetría, por lo que deducimos:

SIMETRÍA=armonía de proporciones

Estas diversas proporciones son similares a las clases de simetrías:

Los verdaderos órganos de simetría son aquellas figuras geométricas, tales como planos o rectas, que producen las operaciones de superposición.

Los cuerpos simétricos se clasifican según los órganos de simetría, que pueden ser puntiformes, rectos y planos (*ortosimétricos*), o curvos (*kyrtosimétricos*).

La subdivisión sistemática se basa en el grado de parentesco que existe entre las muestras elementales¹³.

Esta subdivisión por parentesco nos da los siguientes tipos de simetrías:

- 1) Simetría Isométrica
- 2) Simetría Homeométrica
- 3) Simetría Catamétrica
- 4) Ametría

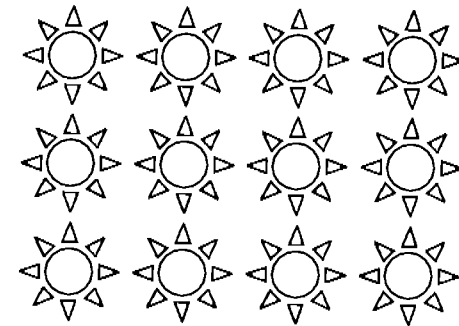
1) Isometría: En la simetría isométrica, los motivos no son distinguibles entre sí y su disposición se repite uniformemente.

Se llaman isometría debido a la igualdad de los motivos y su repetición regular. De esta manera consideramos cuerpos isomorfos o isométricos a los que no sufren ningún cambio de forma, tamaño o distancia entre ellos; son motivos iguales.

La palabra isomorfismo es definida como una transformación destinada a conservar la información.

La palabra isomorfismo es utilizada cuando dos estructuras complejas pueden ser proyectadas una sobre otra, de tal modo que cada parte de una de ellas tiene su parte correspondiente en la otra: correspondiente significa que ambas partes cumplen papeles similares en sus respectivas estructuras. Este empleo proviene de una noción más precisa, perteneciente a la matemática¹⁴.

Con base en lo anterior, relaciono a la isometría con estructuras las cuales pueden considerarse en su repetición como copias; de esta manera cada una conserva la información original como se expone en la cita de Hofstadter.

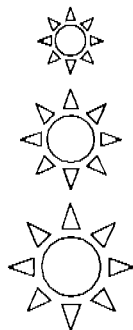


Simetría isométrica

2) Homeometría: Los motivos son semejantes entre sí y aumentan o se repiten en sucesión monótona, de manera tal que un motivo se modifica con respecto al siguiente en tamaño, posición o situación.

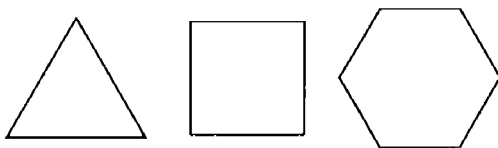
¹³*Ibidem.* p.9

¹⁴HOFSTADTER, Douglas. *op.cit.* p.59



Las formas homeométricas consisten en igualdad de forma pero diferencia de tamaño.

3) Catametría: En la simetría catamétrica los motivos no tienen igual forma y tamaño, pero están vinculados entre sí por una relación común, o sus formas continúan siendo análogas, y su sucesión está vinculada por una ley (por ejemplo, la sucesión de polígonos regulares referidos a la circunferencia y ordenados según el número de vértices).



4) Ametría: Existe ametría cuando los motivos no son de ningún modo iguales, parecidos o afines, ni están relacionados entre sí; es decir, no hay simetría de ninguna especie.

Esta clasificación por grupos simétricos es en función de la agrupación por relaciones formales de los motivos; pero se hacía mención de que la simetría es usada en la obtención de formas complejas, por esto la diseño como medio para la manipulación de la forma.

En esta manipulación, la simetría se auxilia de operaciones de superposición simétrica que son:

- Identidad (*i*)
- Traslación (*t*)
- Rotación (*r*)
- Reflexión (*s*)
- Dilatación o Extensión (*e*)

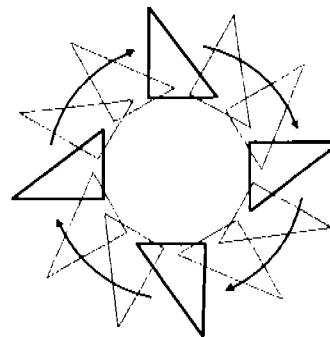
Identidad: Consiste en la superposición de una forma sobre sí misma, o bien en la rotación total de 360° sobre su propio eje.



Traslación: Es la repetición de una forma a lo largo de una línea que puede ser recta o curva o de cualquier clase.



Rotación: La forma gira en torno a un eje que puede estar dentro o fuera de la misma forma.



Reflexión: La reflexión especular se obtiene poniendo algo delante de un espejo y considerando a la vez la cosa y su imagen. Esta operación se llama también simetría bilateral.

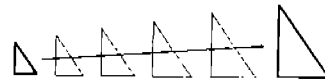
La imagen de equilibrio proporciona un enlace natural con la segunda acepción que asigna a la palabra simetría hoy en día: *simetría bilateral*, la simetría izquierda-derecha, tan conspicua a la estructura de los animales superiores.

La simetría bilateral aparece, pues, como el primer ejemplo de un concepto geométrico de simetría que se refiere a operaciones tales como reflexiones o rotaciones¹⁵.

La simetría bilateral está compuesta por formas iguales a igual distancia a ambos lados de un eje. La simetría de espejo es un retrato bilateral, se efectúa según ejes o planos de reflexión.

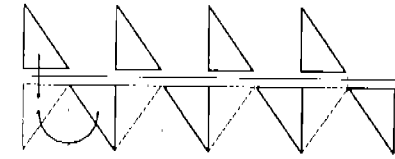


Dilatación: La dilatación (llamada así por Bruno Munari) o extensión (denominada por Wolf), es una ampliación de la forma que solo la extiende sin modificarla. Es decir, cambia de tamaño.



Según Wolf, estas operaciones pueden combinarse entre sí dando paso a manipulaciones acopladas; o en el caso de usarse individualmente, operaciones sencillas.

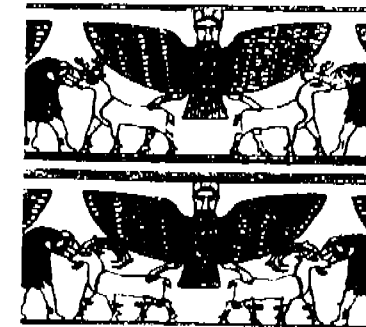
Ejemplo: Reflexión traslatoria (*ts*)



Es el acoplamiento de traslación y reflexión especular a lo largo de un eje de reflexión traslatoria

De esta manera, puede darse una reflexión rotatoria (*rs*), extensión traslatoria (*te*), extensión rotatoria (*re*), etc.

Pero la simetría así como sus funciones no tienen relación solamente con la ciencia matemática; si nos remontamos hacia la historia, podremos observar por ejemplo, que en la cultura heráldica (2700 a.C.) se dan muestras de la simetría bilateral; con los egipcios es más que notoria en sus pinturas hieráticas y como se mencionaba al principio, la simetría se encuentra en la naturaleza. De este origen natural surgirá la simetría ornamental.



Ejemplo de simetría bilateral.
Cultura heráldica.

¹⁵WEYL, Hermann. *Simetría*. McGraw Hill, España, 1990, p.3



Ejemplo de simetría de traslación.
Guerreros persas del palacio de Susa.

Simetría Ornamental: En dos dimensiones el arte de los ornamentos de las superficies tiene que ver con ella, en tres dimensiones caracteriza el ordenamiento de átomos en los cristales. Se definirá por tanto como simetría ornamental ó cristográfica.

Se comienza con un esquema ornamental en dos dimensiones que se da con más frecuencia que cualquier otro, tanto en el arte como en la naturaleza: el hexagonal tan utilizado en azulejos de cuartos de baño e incluso en los adoquines de los pisos en las calles; mientras que en la naturaleza un ejemplo de estos módulos hexagonales se observa en los panales de abejas.

Se podrá dar paso a un análisis de aplicaciones cuando se relacione en los próximos capítulos a la simetría con Escher.

A manera de conclusión, podemos decir de la simetría que:

La simetría, por amplio o reducido que se pueda definir su significado, es una idea por la que el hombre, a través de los tiempos, ha intentado comprender y crear orden, belleza y perfección. La palabra simetría se usa en nuestro lenguaje cotidiano en un doble sentido. En una primera acepción significa bien proporcionado,

con equilibrio de formas, y la simetría se refiere a esa especie de concordancia de las partes que componen un todo. La *belleza* tiene frontera común con la simetría. La simetría resulta de la proporción... La proporción es el carácter conmensurable de las varias partes constituyentes con el todo¹⁶.

TOPOLOGÍA

Una vez descrita la manipulación de formas por medio de la simetría, queda pendiente la metamorfosis de la misma.

Metamorfosis: Modificación de una cosa en otra. Conjunto de transformaciones experimentadas por un organismo a lo largo de su desarrollo¹⁷.

Así como la simetría ofrece procedimientos en el manejo y desarrollo de formas simples a más complejas; la transformación de ellas se lo delegamos a la Topología.

La topología pertenece a las Matemáticas, que si bien sus principios son difíciles de comprender, es utilizada con frecuencia en la transformación de la forma, donde su regla principal es el lograr el cambio sin alterar la estructura principal y original de la misma.

Además de la transformación, estudiada por la teoría de conjuntos, la geometría, como ciencia de las formas, lleva también implícita la idea de deformación. Este es el tema de estudio de la topología.

La topología estudia las propiedades de una forma que se mantienen inalteradas cuando a forma cambia.

Dada una forma, la topología lo permite todo, con tal de que su forma conserve, por así decirlo, su naturaleza esencial.

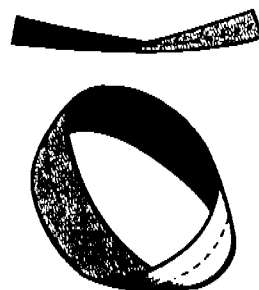
¹⁶*Ibidem.* p. 3

¹⁷*Gran Diccionario Enciclopédico Ilustrado.* Grijalbo, Barcelona, 1998, p.1134

La Topología es el legado de August F. Mobius¹⁸.

A Moebius (1778-1826) le debemos el legado de las "Cintas de Moebio" quien las empleo para demostrar ciertas propiedades topológicas de gran interés.

Si se le da media vuelta a la cinta de Moebio, ésta adquiere ciertas propiedades; puede cortarse longitudinalmente sin partirse en dos anillos y tiene un solo lado y un solo borde.



Cinta de Moebio

Para aclarar mejor en que consiste un cambio topológico, diremos que es la transmutación (cambiar una cosa por otra) de la forma. Pero como toda ciencia, existen ciertas propiedades topológicas que rigen esta rama matemática:

1) Dos superficies son topológicamente equivalentes, si puede pasarse de una a otra por un proceso de alargamiento, contracción o flexión (sin desgarros, ni soldaduras o enmiendas) efectuando cortes, si se desea, siempre que se reúnan finalmente los dos bordes de cada corte en la misma forma en que estaban unidos antes de hacerlo.

2) Una esfera y un cubo son topológicamente equivalentes, ya que podemos convertir una en otro alargándola o flexionándola.

3) La Topología es el estudio de la posición y relación de las partes de una figura con respecto a otra, sin tener en cuenta la forma o el tamaño; así una oruga que alguna vez fue crisálida y luego mariposa, topológicamente siempre es la misma. Por esta propiedad, un círculo será equivalente a una elipse o a cualquier curva cerrada.

En general, imaginemos una figura hecha de caucho y deformémosla sin desgarramiento ni adherencias. Ciertas propiedades de la figura se cambian por la deformación, pero hay otras que quedan inalteradas. Estas propiedades que permanecen invariables a través de la deformación se llaman propiedades topológicas de la figura¹⁹.

Otra manera de reconocer a la topología es con la denominación: homeomorfismo, que se da a toda transformación biunívoca o bicontinua; cuando se tuerce una figura de caucho sin desgarramientos ni adherencias, se comprueba que existen dos relaciones notables entre la figura inicial y la obtenida por deformación; explicado por Fretchet dice así:

Se llama homeomorfismo o transformación topológica a toda transformación biunívoca y bicontinua. Si se desea expresarlo de una manera intuitiva se puede decir que un homeomorfismo entre dos figuras (o entre dos conjuntos de puntos) es una correspondencia tal que a todo punto de una de las dos figuras corresponde un punto, y solo uno, de la otra, y que a dos puntos vecinos de una corresponden dos puntos vecinos de la otra²⁰.

De esta manera, dos conjuntos homeomórficos tienen en común las principales propiedades topológicas. Así una

¹⁸GERSTNER, Karl. *op.cit.* p.42

¹⁹FRETCHET, Maurice. *Introducción a la Topología Combinatoria*. BUENOS AIRES, Argentina, 1959, p.14

²⁰*Ibidem*, p.16

circunferencia, una elipse a los ojos de la topología no ofrecen diferencias esenciales. Son todas curvas cerradas.

Dentro de las transformaciones topológicas se establece lo siguiente:

1) Toda superficie cerrada del espacio ordinario es topológicamente equivalente a una esfera, o bien si tiene huecos a una esfera con el mismo número de asas como tantos huecos tenga aquella superficie.

Por ejemplo, la superficie toroidal (en forma de dona o rosquilla) se puede deformar continuamente en una esfera de una sola asa²¹.



Superficie toroidal



Cambio topológico

La metamorfosis por medio de la topología fue un recurso muy utilizado por Escher; generalmente aplicado en transformaciones de elementos geométricos a orgánicos.

Para mí, la topología es como tratar de explicar una imagen: es mejor observarla y admirarla, más que tratar de entenderla.

²¹ESCALERA Bourillon, Jeanette. Tesis: *El Logos Estético*. México, 1989, p.322

capítulo III.
PENSAMIENTO
VISUAL Y
CONCEPTUAL DE
ESCHER

*Quien se maravilla de algo, toma conciencia de algo maravilloso.
Manteniendo alerta mi mirada frente a los enigmas del mundo, si bien interesado en su plasmación sensible, entro en contacto, en cierto modo, con el dominio de las matemáticas. Aunque no disponga de una formación en las ciencias exactas, a menudo me siento más próximo a los matemáticos que a mis colegas de profesión.*

3.1. Escher: persona, artista y geómetra

El hombre que se conocerá en este apartado, está íntimamente relacionado con la búsqueda que emprende todo creador visual: plasmar en las formas sus pensamientos.

La presencia de Maurits Cornelis Escher en el mundo de las imágenes manifestó un punto de vista distinto dentro del campo perceptual, estructural y visual debido al manejo de la geometría.

Catalogado como artista, a veces solo definido como intelectual y otras como responsable de una obra muy cerebral que exigía una manera de pensar, Escher desarrolló propuestas que a simple vista dejan entrever no solo el dominio técnico, sino el pleno conocimiento del espacio geométrico utilizado en todos los sentidos posibles.

Por estos motivos, reconocemos a Escher como persona en su calidad de ser humano y como artista dada su formación dentro de las artes gráficas, específicamente en el campo del grabado. Esta última fase nos lo muestra como geómetra, por representar y mostrar a través de su trabajo que esta ciencia es fundamental en la sustentación de la forma y de ninguna manera se desvía hacia una inexpresividad matemática por la utilización de la geometría en los procesos creativos. La rigidez de un método no significa la rigidez del pensamiento.

Sin embargo, para comprender paso a paso las implicaciones técnicas y conceptuales de su obra, conocer su vida personal y profesional es el modo adecuado de iniciar este recorrido.

Maurits Cornelis Escher nació el 17 de junio de 1898, en Leewarden (Paises Bajos) Holanda. En el año de 1903 se mudaron él y su familia al pueblo de Arnheim donde estudió la secundaria.

No fue precisamente un estudiante destacado. Antes bien, la escuela constituyó para él una pesadilla. El único rayo de esperanza eran las dos horas semanales de dibujo en donde destacó con algunos grabados sobre linóleo. Los trabajos que se conservan de esa época ponen de manifiesto un talento superior al promedio general.

En 1919 empezó sus estudios de arquitectura en la escuela de Arquitectura y Artes Decorativas en Harleem, bajo la dirección del arquitecto Vorrink. Sin embargo, Escher no se sintió atraído por la arquitectura y decidió orientarse a las artes decorativas.

Cabe mencionar que su padre no estuvo de acuerdo con esta decisión y le tomaría tiempo aceptar la nueva vocación de su hijo. No obstante, Escher prosiguió con sus planes y al cambiar de actividad estuvo bajo la tutela del maestro Samuel Jesserum de Mesquita, de origen portugués.

Durante este período dominó la técnica del grabado en madera. Al contrario de la opinión actual respecto a su obra y a pesar del talento que demostró tener en ese entonces, los reportes de la escuela lo catalogaban como hermético, filosófico y carente de sensibilidad.

En 1922 dejó la escuela de arte teniendo un buen fundamento sobre todo en el grabado en madera, su técnica favorita. A partir de esa fecha, Escher hizo varios viajes a través del sur de Italia y un tiempo por España.

En este lapso, mantuvo un constante contacto con su antiguo maestro de Mesquita a quien respetaba profundamente. En el año de 1944 de Mesquita fue asesinado junto con su familia por los nazis.

Escher al buscar a su maestro en la casa, rescató un trabajo y al darse cuenta del desorden y que su mentor

fuera deportado a un campo de concentración, Escher escribió lo siguiente al reverso de la estampa:

A fines de febrero de 1944 encontrada en casa de S. Jesserum de Mesquita abajo en las escaleras, justo detrás de la puerta de entrada, pisoteada por las botas de un alemán.

Aproximadamente cuatro semanas antes, en la madrugada del primero de febrero, los miembros de la familia de de Mesquita habían sido sacados a la fuerza de la cama. Cuando vine aquí a fines de febrero, encontré la puerta abierta. Subí al estudio; las ventanas estaban rotas y soplaban el viento. El desorden era indescriptible. Cientos de estampas yacían esparcidas por el suelo. En cinco minutos, recogí cuanto pude, improvisando una carpeta con unos cartones, que luego me llevé a Baarn. Eran alrededor de 160 trabajos, en su mayoría estampas, todos firmados y fechados. En Noviembre de 1945, entregué los dibujos al museo de la ciudad de Amsterdam; quería organizar una exposición junto con otras obras de de Mesquita conservadas por D. Bouvy en Bussum. Se puede dar por seguro que S. Jesserum de Mesquita, su mujer y su hijo Jaap perecieron en un campo de concentración alemán¹.

1 de Noviembre de 1945

M.C. ESCHER

Los viajes realizados durante 1922 marcaron la vida de Escher en dos aspectos:

1. Conoció a Jetta Umiker, hija de un suizo, con la que se casó en 1924.
2. Tuvo su primer contacto con la influencia morisca.

En este mismo año, después de casarse, se trasladó a Roma donde se instalaría dos años más tarde. Durante los diez años que duró su estancia ahí, realizó viajes de estudio por diferentes zonas de Italia y España. En abril de 1932, Escher ya había publicado uno de sus viajes por Italia en el *Groene Amsterdamer*.

En 1936, Escher y su esposa Jetta visitaron la Alhambra en Granada donde los mosaicos fueron su objeto de estudio:

Los orígenes del conjunto de la Alhambra y el Generalife son confusos, hay restos claros a partir del siglo IX, aunque sus monumentos más brillantes corresponden a la monarquía nazarí y al reinado de Carlos V, es decir, entre los siglos XIII y XVI.

En la Alhambra un mundo islámico se sustenta sobre pensamiento clásico que no es sólo perceptible en el orden simbólico del palacio del emperador. Es también un claustro monacal y se organiza según la sección áurea, la más clásica de las proporciones².

Si bien, la visita a la Alhambra dejó huella en Escher para cambiar su estilo paisajista a una de sus grandes obsesiones: *la representación de lo tridimensional sobre un soporte bidimensional*, su obra fue ignorada en los círculos artísticos por incatalogable y solo interesó a matemáticos, cristalógrafos y físicos.

Esto no impidió que Escher continuara trabajando. En 1937 se mudó a Ukkel, cerca de Bruselas, en Bélgica, ya que con la guerra que se avecinaba, quería estar cerca de su patria.

En enero de 1941 se traslada a Baarn, Holanda, donde hizo varios viajes por el Mediterráneo trabajando con regularidad este periodo.

¹ERNST, Bruno. *op.cit.* p.112

²http://www.granada.org/dualismo/Data/ALHAMBRA/plx_alh.html

En 1970 se trasladó a Rosa-Sapier Home en Laren, al norte de Holanda, a una casa que antiguamente había sido estudio de otros artistas. Ahí murió el 27 de marzo de 1971.

Llama la atención la preferencia de Escher por las matemáticas, pese a su formación artística. No obstante la relación cercana de estas dos disciplinas, sería lógico pensar el camino que debió seguir Escher dentro del campo gráfico por medio del grabado. Sin embargo, tomando en cuenta el alcance de su imaginación y su necesidad de representarla en el mundo de las imágenes, requería materializar esas ideas. La técnica del grabado solo era el medio estético, pero ¿qué pasaría con la forma?

Buscando la respuesta a esta interrogante, se tendría que reflexionar en qué tan obsesivo puede volverse un pensamiento para que se tenga la necesidad de visualizarlo para comprenderlo; posiblemente la vía que conjuga comunicación con entendimiento, fuera plasmarlo en una imagen tangible y real; en un soporte que se convierte en "MI" realidad como creador; es decir, la necesidad de observar lo que el pensamiento construye nos lleva a la búsqueda de soluciones para palpar las ideas y para cada individuo esa materialización es sinónimo de una presencia real.

El Escher géometra cubrió esas inquietudes por medio de simetrías, estructuras matemáticas y el manejo del infinito. Lo más notable de esta faceta de Escher, es que él mismo reconocía humildemente su desconocimiento dentro de las ciencias exactas:

Quien se maravilla de algo, toma conciencia de algo maravilloso.

Manteniendo alerta mi mirada frente a los enigmas del mundo, si bien interesado en su plasmación

sensible, entro en contacto, en cierto modo, con el dominio de las matemáticas. Aunque no disponga de una formación en las ciencias exactas, a menudo me siento más próximo a los matemáticos que a mis colegas de profesión¹.

MAURITS CORNELIS ESCHER

Estas palabras de Escher dejan entrever tal vez la desilusión de no haber sido comprendido por los artistas de su época, y su sorpresa de recibir aplausos de estudiosos de las matemáticas, aunque él mismo expresaba su poca relación con ellas. Suena irónico que en la actualidad, ambos aspectos (el gráfico y científico) puedan ejemplificarse con su trabajo que durante su vida fue designado como "incatalogable".

Maurits Cornelis Escher refleja la tenacidad por encontrar respuestas que salen de los límites que la propia imaginación impone; es decir, el hecho de encontrarse en la mente y la capacidad de vislumbrar lo que hay ahí por medio de imágenes. Es difícil mantener una coherencia entre lo que se piensa y lo que se plasma; y más aún, lograr la similitud entre ambas acciones.

¹Correo del Maestro. Uribe y Ferrán Editores, S.A de C.V. México, Revista Mensual, Año 3, núm. 26, Julio 1998, p.47

3.2. Géneros y temática en la obra de Escher

Es difícil catalogar a Escher en un período artístico específico debido a la diversidad de temas matemáticos y la combinación de estos. Excluyendo su primera etapa antes de 1937, cuando Escher se dedicaba al igual que otros artistas a plasmar lo que consideraba bello; en este tiempo los paisajes fueron su tema favorito; pero después de esto, desarrolla todo un arte “cerebral” sobre la base de las matemáticas y la geometría, ciencias que se convirtieron en esenciales para el proceso creativo de cada uno de sus grabados; involucrando también conceptos relacionados con el pensamiento filosófico, que serán mencionados más adelante.

Se ha descrito aquí los antecedentes vivenciales y artísticos de Escher; con este recorrido se establecen los principios para comprender más adelante los conceptos y reglas que rigieron su desarrollo y acercamiento a la geometría.

Varios estudiosos de Escher han clasificado en diversos períodos el total de su obra; otros han establecido no como etapas sino de manera conceptual aludiendo a frases como: “*Escher desarrolló varios conceptos y los hizo visuales*”. Sin embargo, por diferentes que sean estas clasificaciones, todas parten de los tres temas matemáticos que integran su trabajo:

1. La estructura del espacio
2. La estructura de la superficie
3. La proyección del espacio tridimensional en la superficie plana

La trayectoria creativa de Escher además de referirse a estos temas, se divide en cuatro periodos:

- LA ESTRUCTURA DEL ESPACIO

A partir de 1937, Escher dejó de tratar la estructura del espacio analíticamente, y no la deja como la encuentra; es decir, de manera aislada, sino que produce síntesis en las que espacios distintos aparecen simultáneamente en un mismo cuadro, el resultado lo vemos en cuadros donde se compenetrán mutuamente.

Dentro del tema de la estructura espacial se distinguen tres clases de cuadros:

a) Paisajes:



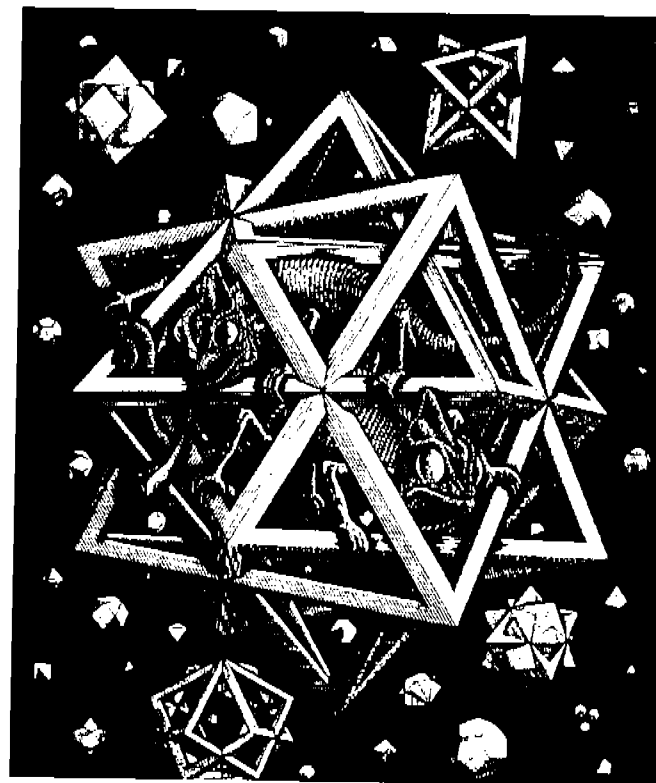
Castrovalva
Litografía, 1930, 53x42.1 cm
Un paisaje montañoso en los Abruzos.

b) Mundos extraños que se compenetran mutuamente:



Mano Con Esfera Reflejante
Litografía, 1935, 31.8x21.3 cm
El dibujante sostiene en su mano una esfera reflejante.

c) Cuerpos matemáticos:



Estrellas
Grabado en Madera, 1948, 32x26 cm
Cuerpos regulares sencillos, dobles y triples flotan como estrellas por el vacío.

• LA ESTRUCTURA DE LA SUPERFICIE:

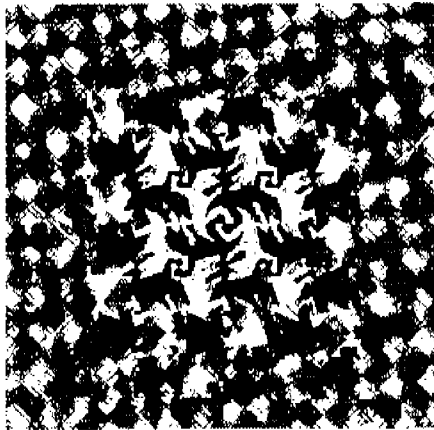
Tras un estudio intenso, Escher inventó un método para fragmentar regularmente la superficie plana, el cual sería más tarde motivo de admiración tanto de cristalógrafos como de matemáticos. Escher emplea estas particiones en sus dibujos de metamorfosis, en los cuales formas estrictamente matemáticas derivan paulatinamente en formas que reconocemos enseguida: hombres, plantas, animales, edificios, etcétera.

También en sus dibujos de ciclos, en los que el estadio final desemboca de nuevo en el estadio inicial Escher emplea la partición regular de la superficie.

Finalmente vemos aplicada esta técnica en sus aproximaciones al infinito.

Atendiendo al modo de estructurar la superficie distinguimos:

a) Dibujos de metamorfosis:



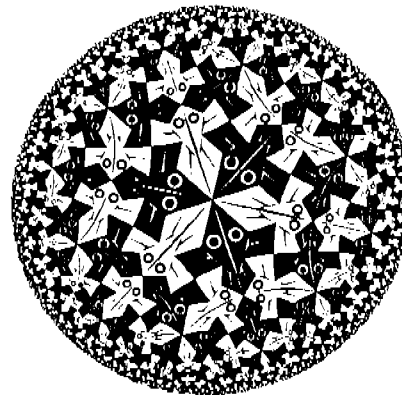
Evolución 1
Grabado en madera, 1937, 41.7x44.6 cm
Cuadrados grises, apenas perceptibles en los márgenes, experimentan una evolución conforme se acercan al centro del cuadro.

b) Dibujos de ciclos:



Reptiles
Litografía, 1943, 33.4x38.5 cm
En medio de diversos objetos, está abierto un cuaderno de dibujo por una página en la que se puede ver el dibujo de un mosaico compuesto de figuras en forma de reptil.

c) Aproximaciones al infinito:



Límite Circular 1
Grabado en madera, 1958, diámetro 41.8 cm
El límite ya no es un punto sino una línea que circunvala todo el complejo, de esta manera se crea un universo, un cuerpo geométrico cerrado.

• LA PROYECCIÓN DEL ESPACIO TRIDIMENSIONAL EN LA SUPERFICIE PLANA

Escher se vio confrontado con el conflicto que supone toda representación espacial; tres dimensiones deben ser representadas en una superficie plana de dos dimensiones.

Las leyes de la perspectiva, válida desde el Renacimiento, fueron examinadas por Escher con espíritu crítico, descubriendo nuevas leyes que demostró en ilustraciones. La imagen no es sino la proyección de un objeto tridimensional sobre una superficie plana, si bien el objeto representado en ella no existe realmente en el espacio (recordemos la geometría descriptiva).

Se distinguen tres clases de cuadros:

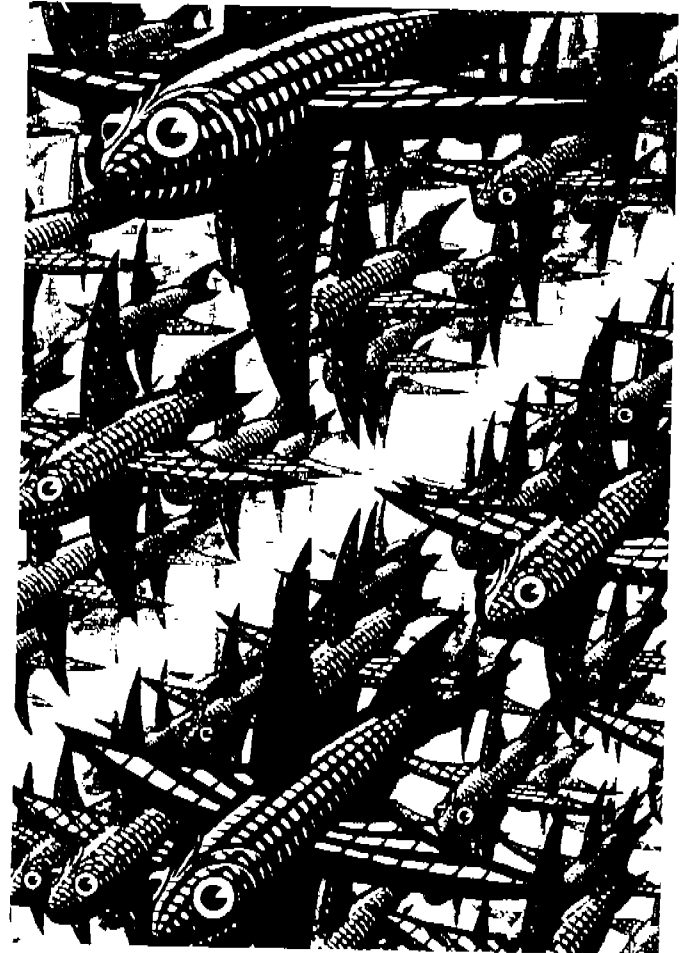
a) Los que tratan el problema de la representación (conflicto entre espacio y superficie):



Dragón

Grabado en Madera, 1952, 32.1x24.1 cm
Por más que se esfuerza el dragón por tener un cuerpo tridimensional, sigue siendo una figura plana.

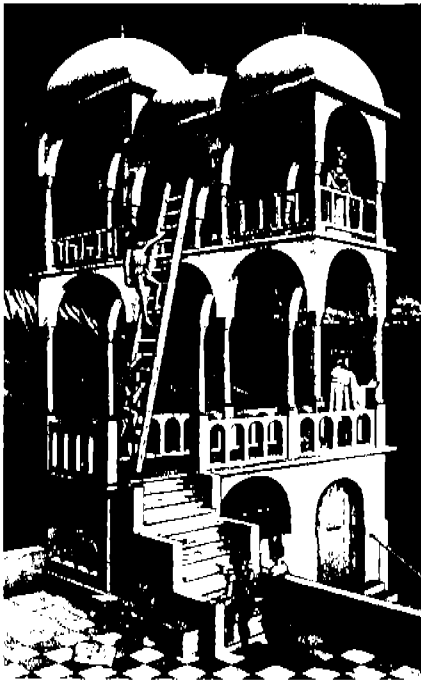
b) Los que se ocupan de la perspectiva:



Profundidad

Grabado en Madera, 1956, 32x23 cm
Cada pez se encuentra en el punto de intersección de tres filas de peces que se cortan en ángulo recto.

c) Los que representan figuras imposibles:



Belvedere

Litografía, 1958, 46.2x29.5 cm

Estar al mismo tiempo delante y detrás es una cosa imposible en el espacio de tres dimensiones.

El desarrollo de Escher además de referirse a estos temas, se clasificó en cuatro periodos, división hecha por Bruno Ernst, quien además de escribir sus memorias conviviera estrechamente con él.

I. PERIODO PAISAJÍSTICO (1898 - 1937)

La mayoría de estos dibujos representan escenarios y pequeñas ciudades del sur de Italia y de la Costa del Mediterráneo. *Castrovalva* es un ejemplo de esta etapa.

II. PERÍODO DE LA METAMORFOSIS (1937 - 1945)

El grabado que anuncia este periodo, *Metamorfosis I*, de 1937, muestra la transformación paulatina de una pequeña ciudad, primero en unos cubos y luego en una muñeca china.

III. PERIODO DE LA PERSPECTIVA (1946 - 1956)

Ya en *San Pedro*, Roma, 1935 y en *La Torre de Babel* de 1928 se evidenció el particular interés de Escher por perspectivas desacostumbradas. Asimismo, ya en estos trabajos es manifiesto que el interés de Escher no es representar algo determinado, sino la peculiar perspectiva como tal.

IV. PERIODO DE LA APROXIMACIÓN AL INFINITO:

Se inicia con el grabado *Más y Más pequeño I*, de 1956.

Las llamadas figuras imposibles pertenecen a este periodo: la primera *Cóncavo y Convexo*, de 1955 y la última *Cascada* de 1961.

Aunque esta clasificación de su obra pueda quedar en estas etapas, sus implicaciones van más allá de fechas y nombres. Lo que encierra cada una de ellas nos involucra en el pensamiento conceptual y visual de Escher. La percepción y el infinito sólo son algunos de estos aspectos que se considerarán más adelante.

3.3. Pensamiento visual de Escher

Cuando hablamos de pensamiento, nuestra fuente de referencia se enfoca a la inteligencia de las personas, a sus ideas o lo que razonan, llanamente decimos "*lo que trae dentro de su cabeza*"; y lo visual es relacionado con las imágenes; por lo tanto, un pensamiento visual es una imagen intelectual que físicamente no existe y sólo está en nuestra imaginación, podemos crearla sin límites de forma o tamaño; pero, materializada en un objeto es diferente.

Describir el pensamiento visual de Escher es imposible, ya que solo el artista podría relatar lo que existe en su imaginación; resta así deducir, suponer y analizar para entender todas las imágenes que plasmó en sus grabados pero que antes, tuvieron que almacenarse en su memoria y pasar por un proceso de selección.

Para responder tomaremos la teoría de la percepción, vinculada con la geometría.

La imagen mental puede ser pensada caprichosamente, ya que no hay límites, excepto uno: cómo trasladar esa creación de la mente a una representación bi o tridimensional.

Desconocer los medios que posibilitan una traducción a lo visual es un obstáculo. El manejo del espacio geométrico y los elementos dentro y fuera de él, determinan la realización de las ideas por medio de formas. Sin embargo, el fenómeno que inició esta construcción es la percepción.

Explicar la percepción suena sencillo, si la definimos como la información captada por los sentidos que nos

deja una experiencia sensorial. Sin embargo, no todo lo sencillo conlleva simpleza ni todo lo complicado deriva en interés.

El aspecto perceptual va más allá de una explicación fácil, ya que intervienen procesos psicológicos y fisiológicos. A través del tiempo, la percepción ha sido aplicada en juegos visuales que obligan al espectador a pensar un poco más. Pero antes de involucramos en una descripción científica es necesario dejar claro que si no tuviéramos la capacidad de conocer y reconocer nuestro alrededor seríamos ignorantes por completo. Es decir, la percepción nos brinda los datos para identificar el exterior basados en el conocimiento a través de la experiencia de cada individuo.

Imaginemos a una persona que permanece encerrada desde su nacimiento, excluida de todo contacto humano, de sonidos, olores, sabores y sin algún objeto a su alrededor. Al crecer y enfrentarse al mundo exterior no tendrá conocimiento ni experiencia que le permita defenderse y relacionar los acontecimientos cotidianos que hacen de nuestra vida un archivo visual y conceptual basado en el aprendizaje. Por lo tanto, esa persona carece de cualquier recurso mental, emocional y física para desenvolverse en la sociedad.

Trasladando la explicación hacia un terreno más básico, sin la percepción no tendríamos referencia de ubicación.

Con base en esta reflexión, llaman la atención los creadores que asimilando este fenómeno a la perfección, utilizan y manipulan sus efectos hacia una apreciación estética sin alterar patrones establecidos en la experiencia, funcionando como un dato más que enriquece y ejercita la memoria.

Para iniciar el análisis de la percepción, ésta será entendida como:

Acción de percibir. Idea. Representación de una cosa en la mente.

Percibir: Enterarse de la existencia de una cosa por los sentidos, o por la inteligencia servida por los sentidos⁴.

Esta descripción se refiere al significado de la palabra percepción, sin embargo, analizando un poco más la entenderemos así:

Se define la percepción como la interpretación significativa de las sensaciones como representantes de los objetos externos; la percepción es el conocimiento aparente de "lo que está ahí afuera"⁵.

Profundizando más acerca del aprendizaje, tendríamos un esquema de la siguiente manera:

PERCEPCION → APRENDIZAJE

Cuando percibimos extraemos información del exterior, al archivar esos datos damos pie a la comparación y clasificación de una próxima información y eso deriva en aprendizaje.

A la percepción, el aprendizaje y el pensamiento se les llaman procesos cognoscitivos, puesto que están relacionados, hasta cierto punto, con el problema del conocimiento. En general, la percepción puede definirse como el proceso por medio del cual un organismo recibe o extrae alguna información del medio que lo rodea.

El aprendizaje se define como la actividad mediante la cual esa información se adquiere a través de la experiencia y pasa a formar parte del repertorio de datos del organismo. Por tanto, los resultados del aprendizaje facilitan una nueva obtención de informa-

ción, puesto que los datos almacenados se convierten en modelos de comparación con los cuales se juzgan los individuos⁶.

Esta percepción-aprendizaje brinda los juicios que en un momento dado determinan nuestra manera de actuar.

En el caso de Escher, puede entenderse su manifestación matemática, ya que el contacto con la Arquitectura pudo acercarlo a esta ciencia. Pero antes de describir las posibles razones que lo llevaron a su obra, se debe distinguir a la percepción de la sensación.

Se estableció que la percepción era un conjunto de sensaciones, pero pueden confundirse ambos términos aunque suenen diferente.

Podríamos decir que experimentamos la sensación de "rojo" cuando se nos presenta un pequeño punto de luz roja, la sensación de "dolor" en respuesta a un pinchazo...

Se piensa que las percepciones son experiencias más complicadas elicitadas por estímulos complejos, y a menudo, significativos. Por tanto, podemos hablar de percibir formas de una pintura o la melodía de un sonido⁷.

Esta explicación está involucrada con el objeto o la forma que asume una función o que es reconocida.

La experiencia me deja claro que la sensación conlleva a la denotación y la percepción a la connotación. El verbo denotar significa demostrar, indicar, mostrar; es decir, la sensación nos ayuda a ubicar, clasificar y reconocer lo que nos rodea. La percepción la relaciono con el verbo connotar: es implicar, significar, expresar; ya que de alguna manera, las percepciones nos llevan a un análisis más profundo de los fenómenos a nuestro alrededor.

Sin embargo, este proceso de los sentidos no se queda en una sola dirección. La percepción en el ámbito visual enfoca directamente al pensamiento visual de Escher.

⁴CARRERÓN, Enrique. *op.cit.* p.17

⁵COHEN, Jozef. *Sensación y percepción visuales*. Trillas, México, 1973, p.9

⁶A FORGUS, Ronald. *Percepción*. Trillas, New York, EUA, 1972, p.15

⁷GOLDSTEIN, Bruce. *Sensación y Percepción*. Debate, USA, 1988, p.2

Ciertamente el uso y conocimiento de los procesos perceptuales deriva en las imágenes proyectadas por él. Dentro de la percepción visual el manejo de figura-fondo y los cambios topológicos son los principales conceptos que se involucran en su obra. (En la cuestión topológica habrá un discernimiento más profundo que se explicará en párrafos posteriores).

El enfoque hacia la geometría plana, descriptiva o no-euclidiana no exime la presencia de figura-fondo como el resultado visual; naturalmente se sustenta la forma por medio de redes y su manipulación simétrica. La transformación de la forma va acompañada del cambio progresivo de la misma así como de sus dimensiones.

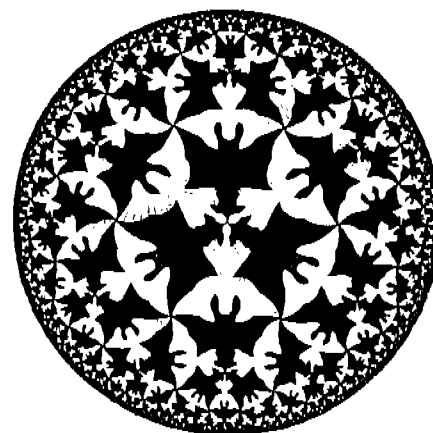
Cabe aclarar que estamos hablando de "transformar" no de "deformar". Transformar implica un cambio progresivo, una metamorfosis. En cambio, la deformación es descomponer un objeto en el mismo. Ejemplo: Una pluma puede deformarla con calor, torcerla pero sigue siendo una pluma en su condición de objeto; por el contrario, una oruga puede transformarse en mariposa; en el caso de Escher, una figura geométrica se transforma en una forma orgánica.

• FIGURA-FONDO

Este precepto (considerado así por ser objeto de estudio de la percepción según Irene Crespi); se distingue generalmente por el manejo del contraste. Usualmente la figura va en blanco y el fondo en negro. Se utilizan los mismos contornos o siluetas para ambos elementos y de esta manera se causa confusión al designar qué es el fondo y qué es la figura, dando así un equilibrio entre dos fuerzas que podrían estar en primer y segundo plano pero se perciben unidimensionales; es decir, se funden al ocupar un mismo espacio en el plano aunque no sean iguales las formas. Estas se compenetran entre

sí brindando unidad, donde un fondo no podría estar sin la figura y viceversa.

Escher emplea este principio perceptual en la mayoría de sus obras clasificadas como la estructura de la superficie. Un análisis clásico es *Ángeles y Demonios*, con una división simétrica del plano, la figura de los ángeles embona perfectamente con el fondo de los diablos ¿o es al revés? Aquí se aplica el contraste por blanco y negro, el compartir siluetas, y como un rompecabezas, si falta una pieza se descompleta el juego.



Se ha manifestado que esta insistencia de Escher por buscar la figura-fondo es derivado de los mosaicos que formaban parte de la decoración y cuya carga simétrica y geométrica es innegable. De hecho, en la naturaleza existe un mimetismo de los animales con su medio o "fondo" donde estos adoptan los colores y texturas de su alrededor para pasar desapercibidas, el llamado "camuflaje" el cual es su defensa para sobrevivir.

Se mencionaba en párrafos anteriores que la percepción ubica las cosas, además brinda sentido del orden

y el desorden. Si percibir figura-fondo es delimitar que es primero a nuestra vista, el orden está implícito en el razonamiento. Gombrich da su opinión acerca de este punto y el "camuflaje" de la naturaleza:

Tan profundamente arraigada está nuestra tendencia a contemplar el orden como marca de una mente ordenante, que reaccionamos instintivamente con admiración cada vez que percibimos regularidad en el mundo natural.

Hay amplias pruebas de que este principio se aplica en toda la naturaleza viviente, puesto que los diversos distintivos exhibidos por la flora y la fauna del mundo sugieren que debe haber cierta ventaja para el organismo en la aparición de ciertos patrones visibles...

Hay el patrón de camuflaje, destinado a hacer que la criatura sea invisible para sus predadores⁹.

Figura-fondo, figura-campo, camuflaje: el campo semántico parece sorprendernos en esta etapa de la investigación en cuyo comienzo, se hacía referencia a la imagen como un lenguaje que rebasaba al verbal. De esta manera, hablar de un texto visual (según Lorenzo Vilches) es conjuntar expresión con contenido. Ambos forman una unidad, de figura-fondo tal que uno sin el otro no pueden existir. Aquí interviene la interpretación de la imagen pero ¿cómo se convierte esto en un lenguaje? Al intervenir el espectador ó receptor se da un proceso interpretativo hacia la imagen, repleta de significados representados por formas que en una coherencia producen un texto visual.

De alguna forma, la coherencia permite saber de qué cosa se está hablando o, en el caso de la imagen, qué cosa se está percibiendo o leyendo.

La coherencia textual en la imagen es una propiedad semántico-perceptiva del texto y permite la interpretación (la actualización por parte del destinatario) de una expresión con respecto a un contenido, de una secuencia de imágenes en relación con su significado⁹.

Así como en nuestra cultura existe un orden en el sentido de lectura; es decir, leemos de izquierda a derecha, de igual forma, hay un sentido de lectura de la imagen guiada por las fuerzas perceptuales, tales como ubicación, esquema cromático, peso visual y contraste. Así que hablar de "texto visual" no suena tan descabellado.

Podríamos distinguir dos tipos de contrastes: el contraste como categoría visual: nítido/no nítido; y el contraste como categoría de la Forma: figura/fondo. Ambas categorías están, a su vez, relacionadas con categorías complejas comunes a todas las imágenes: el cromatismo y la forma geométrica¹⁰.

Al analizar esta cita, se refuerza designar como "universo geométrico" al desenvolvimiento de Escher y cualquier ser humano que se designe como creativo, de considerarlo un lenguaje partiendo de tres formas básicas y tres conceptos: punto, línea y plano; y la conjunción de estos no solo justifican la obra de Escher, el ser capaz de manipular la forma con estos elementos es lo que hace la diferencia de la geometría como ciencia y la geometría como sustento visual mas allá de solo procedimientos de trazo. Difiero de aquellos que calificaban a Escher como intelectual, artista ó científico, no supieron comprenderlo; considero que trastocar aspectos geométricos, matemáticos, semánticos, perceptuales y hasta filosóficos lo convierte en la suma de los anteriores calificativos, y mucho más allá de una clasificación

⁹GOMBRICH, E.H. *El Sentido del Orden*. DEBATE, Madrid, 1999, p.6

⁹VILCHES, LORENZO. *La lectura de la imagen*. Paidós Comunicación, Buenos Aires, 1983, p.34

¹⁰*Ídem*. p.16

que lo encasillarla, oponiéndose esto a la gran libertad mental y visual que poseía.

Sin caer en lo anterior, cabe mencionar que Hofstadter hace referencia a figura-fondo en relación con la obra de Escher en sentido preciso y analítico, denominándolo figura y campo; es decir, que cuando una figura o "espacio positivo" es trazada en el interior de un marco determinado, se produce la inevitable consecuencia de que también queda trazada su forma complementaria, llamada otras veces "campo", "fondo" o "espacio negativo".

Hofstadter hace una distinción que expone a la figura en dos consideraciones, específicamente vinculadas con el trabajo de Escher: figuras cursivas y recursivas.

Una figura cursiva es aquella cuyo campo aparece tan sólo como subproducto del acto de dibujar. Una figura recursiva, en cambio, es aquella cuyo campo puede ser visto, por derecho propio, como una figura. Generalmente, es el artista en forma plenamente deliberada quien otorga esta relevancia al campo. El "re" de "recursivo" expresa el hecho de que tanto el primer plano como el plano posterior, o fondo, son trazables en forma cursiva: la figura es "doblemente cursiva"¹¹.

Este juego de palabras puede confundirnos al principio, pero si analizamos lo que Hofstadter explica en términos usados sólo por él y vinculados específicamente a la obra de Escher, se comprende que: al designar la palabra cursiva, ésta explica lo que sucede comúnmente al plasmar una forma sobre una superficie, ocupando nuestra atención la porción mayor como "figura" reflejando un manejo más detallado, y el resto del formato ó soporte que la rodea se designa "fondo" por encontrarse detrás o alrededor de ella; así deducimos que el "fondo o campo" son arbitrarios en cuanto a la

forma que ofrecen por ser resultado de esa figura. Al utilizar "recursivo" se descarta lo accidental del "fondo"; es decir, la "figura" es trazada con intención específica para el resultado de la imagen y el fondo recibe el mismo tratamiento razonado, por lo tanto, también es cursivo, porque la figura aparece a su vez como subproducto del acto de dibujar. De esta manera "figura-fondo" en Escher se convierte en figura "recursiva", en términos específicos, una "figura-figura".

Esto lo interpreto así ya que al ser idénticos figura y fondo, la confusión visual no permite distinguir qué se coloca en primer y segundo plano, dándose los juegos visuales antes mencionados que Escher utiliza por medio de la percepción visual, y el contraste de elementos en blanco y negro es un recurso para separarlos, pero esto unifica aún más el tratamiento gráfico de ambas figuras, por lo que figura-figura es lo que observamos en cada una de sus imágenes.

• TOPOLOGÍA O PREGNANCIA

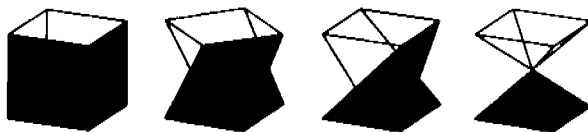
Se ha llegado al punto más difícil de explicar con respecto a Escher. La palabra "Metamorfosis" es conocida y me atrevo a afirmar que todos saben su significado ó al menos lo que implica: cambio y transformación de una cosa por otra. Varios de los temas tratados por Escher han sido designados con este término por el tratamiento a formas geométricas que al pasar por varias etapas, progresivamente se convierten en orgánicas; por ejemplo: en ranas, lagartos e incluso en humanos; sin embargo, "metamorfosis" no es el único término involucrado. En capítulos anteriores se menciona y explica la Topología como concepto fundamental en el análisis de las obras ya que los cambios topológicos que sucedían en las imágenes llevan a considerar esta ciencia como la única que manifiesta estas caracte-

¹¹HOFSTADTER, Douglas. *op.cit.* p.80

rísticas visuales y llevó al análisis de “transformar” o “deformar” (términos esclarecidos anteriormente) por lo tanto, las “transformaciones” de Escher ¿se dan por la topología? la respuesta hubiera sido afirmativa excepto por un detalle, también la *pregnancia* es el cambio de una forma hacia otra. Aclaremos que ambos conceptos no se encuentran dentro de los estudios que han escrito acerca de Escher; son comunes sus apreciaciones en la clasificación de su obra, de sus periodos como artista así como la utilización de la simetría y la perspectiva como soluciones visuales de cada imagen; pero topología y *pregnancia*, no fueron trascendentes.

Sin embargo, puede darse una confusión entre significados y pasar por alto aspectos importantísimos que engloben procesos no solo posiblemente utilizados por Escher, sino que reafirmen aún más el conocimiento geométrico que avala la solución de problemas visuales.

Las primeras comparaciones que me enfrentaron con la terminología de este análisis fueron los principios que rigen cada concepto. Cuando hablamos de topología, ésta nos manifiesta los cambios de un cuerpo donde la única condición es que no sufra desgarramientos ni rompimiento. Este cuerpo a pesar de las transformaciones conserva su masa. Se ejemplificaba esto con un cubo de caucho, el cual sufría alteraciones de alargamiento o torcidos, brindándonos al final una forma totalmente diferente, pero no había sido cortada ni rota; es decir, la masa del cubo era la misma desde su forma inicial.



La *pregnancia* es:

En la teoría de la psicología de la forma, cualidad de una buena forma que hace que sus elementos sean estables y resistan la deformación; esta forma se llama *pregnante*. Por extensión, este término se emplea a veces en el sentido del *pregnancy* Inglés: riqueza de las interpretaciones posibles¹².

En esta definición nos dejan muy claro que no hay deformación. Por otro lado, en el área de las artes plásticas, la *pregnancia* obedece a leyes que refieren su aplicación bidimensional. Primero se desechó la topología, ya que como se menciona arriba, manipula la masa, y refería la tridimensión; por supuesto que Escher utiliza este recurso pero de una manera perceptual, es decir, una bidimensión-tridimensional. Sus imágenes no involucran el concepto de masa, ya que no son objetos; por lo tanto, los cambios topológicos quedaban excluidos.

La *pregnancia* es una transformación progresiva que se logra a partir de un primer elemento, para llegar a formar un segundo elemento diferente. La palabra *pregnancia* se deriva del término *impregnar*, proveniente del latín *impregnare* que significa introducir entre las moléculas de un cuerpo las de otro en cantidad perceptible sin combinación¹³.

Esta explicación recalca la diferencia ya aclarada de “deformar” y “transformar”; por otra parte, nos manifiesta que sí hay una transformación progresiva que logra el cambio de una cosa por otra. Esto parecía la respuesta inmediata a la interrogante acerca del procedimiento que Escher ha considerado como concepto visual; la diferencia entre *pregnancia* y metamorfosis no existe,

¹²*Enciclopedia de la Psicología y la Pedagogía*. SEDMAY-LIDIS, Paris, 1976, p.142

¹³*Diccionario de la lengua Española*. Real Academia Española. Madrid, 1984, p.734

solamente que la primera es explicada desde formas gráficas y la segunda desde los seres vivos.

La *pregnancia* puede considerarse como una modalidad de la *Singenometría*, que es un tipo de simetría:

Esta palabra deriva de *singenésico*, que proviene del griego sin prefijo: con, unión, junto a; y *genésico* proveniente del latín *génesis*: generación, origen, producción o nacimiento. Deduciendo por tanto que *Singenometría* es de medida o modelo originado a partir de, o junto a. De tal manera que son *singenométricos* los motivos de un sistema o simetría original que van sufriendo una transformación progresiva a partir de una forma original¹⁴.

Pregnancia, *singemometría*, *metamorfosis*; manipulaciones de la forma que parecen suficientes y se agregan las operaciones de transformación simétrica, que son cuatro:

1. *Alargamiento*: consiste en la deformación arbitraria o convencional de un módulo a partir de sus vértices o lados, este alargamiento produce un cambio de proporción en el módulo, sin embargo, este mantiene el mismo número de lados.

2. *División*: La división consiste en cortar dos o más partes los módulos de una red dando lugar a nuevos módulos o submódulos que son más reducidos y diferentes a los que se tenían originalmente.

3. *Suma*: Esta consiste en unir dos o más módulos o submódulos entre sí, dando como resultado un nuevo módulo considerado como unidad.

4. *Cambio de perímetro*: Consiste en alterar los perímetros de los módulos, ya sean líneas rectas, curvas, o bien con ambas, y siguiendo siempre el mismo orden, esto da lugar a nuevos módulos.

Estas operaciones deben aplicarse a todos los módulos que integren la imagen para conservar una congruencia y no perder el carácter isométrico.

Sin embargo, nos hemos alejado de la primera interrogante de este inciso, ¿la topología existe en la obra de Escher? Después de tomar en cuenta consideraciones simétricas, *pregnantes* y de *metamorfosis*, esta rama de las matemáticas nos permite conocer otra cara que modifica los principios de su aplicación objetual; como lo manifestara Leonhard Euler, matemático que estableció la topología como rama de esta ciencia: "*la topología estudia aquellas propiedades que no cambian cuando deformamos una figura sin romperla*". Para ejemplificar esto imaginemos que dibujamos un cuadrado en una banda de hule y a ésta la estiramos o torcemos, se alargarán o achicarán sus lados y por consiguiente sus ángulos, permaneciendo ahí el cuadrado; es decir, conserva ciertas propiedades. ¿Cuáles propiedades del cuadrado cambiaron y cuales son?:

Cambiaron el área, el perímetro, los ángulos internos y externos. Estos cambiaron porque son propiedades geométricas, sin embargo, no cambió el hecho de que la figura resultante sigue siendo una curva cerrada que determina un interior y un exterior.

Así, en topología nunca nos preguntamos: "¿qué longitud?", "¿a qué distancia?", "¿de qué tamaño?" sino que preguntamos "¿dónde?", "¿entre qué?", "¿interior o exterior?" Es decir, la topología se distingue de las otras geometrías que tratan con ángulos, áreas, volúmenes, distancias, perímetros, etcétera¹⁵.

Con esta cita se esclarece la función topológica de las formas; se hace la distinción entre ella y la geometría plana y descriptiva, ya que éstas se rigen por el estudio de las formas planas y los cuerpos geométricos

¹⁴*Ibid.* p.1205

¹⁵*Correo del Maestro. op.cit. p.8*

abarcando ángulos, volúmenes, etc. Por consiguiente, lo que se modifica son los aspectos que conforman a la figura, pero su "esencia" continua y es estudiada por la topología; y sin duda alguna, no encamina su objeto de estudio solamente a los cuerpos y sus masas. Se relacionan los cambios topológicos con cuestionamientos de ubicación de la forma y sus resultantes, se acepta un cambio de elementos geométricos que, analizados, se enfocan en igualdad de condiciones a las operaciones de transformación simétrica; por ejemplo, el cambio de perímetro modifica los lados o el perímetro de una forma llamada módulo, que en topología se considera una de las propiedades que se modifican; el cambio de área a su vez es sinónimo de suma o división; y los cambios de ángulos internos y externos se dirigen hacia el alargamiento.

Tal vez Escher no haya utilizado estos términos en plena conciencia del conocimiento que abarcaba y tal vez sí fue una aplicación generalizada, considerando las matemáticas como única justificación de sus transformaciones y manipulaciones geométricas; pero éstas son solo especulaciones. Lo que sí se puede confirmar es que Topología, Pregnancia y Singenometría se convierten en alternativas gráficas ya que cada una establece principios estructurales que rigen la forma en su condición de "metamorfosis", y las tres intervienen en calidad de "sinónimos" visuales en la obra de ESCHER; ¿Por qué sinónimos? Porque suenan diferente y cada una con su propio status científico manifiesta su presencia en las matemáticas, en la percepción y en el estudio de la forma. A cada una se le han conferido operaciones y tareas que solucionan la vida del hombre ya sea científico, investigador o creador, y aún así estas personalidades son sinónimas en la actividad del ser humano porque buscan lo mismo: descubrir, CREAR, originar. De esta manera

hablar de cambios topológicos, de la pregnancia en la forma y las transformaciones singenométricas es reunir tres puntos de vista del pensamiento visual de Escher sin los cuales no sería posible analizar su obra.

En resumen, la Topología interviene en las imágenes de Escher, también la Pregnancia y la Singenometría están presentes en la sustentación de la forma y no solo una rama de las matemáticas como se hablaba en un principio.

Reflexionaba en párrafos anteriores que no era posible encasillar a Escher en un adjetivo que lo califique y lo reitero en este caso al argumentar que el conocimiento no puede delimitarse desde una especialización; esto es una arma de dos filos porque corremos el riesgo de no vislumbrar más allá del interés de nuestro objeto de estudio. En este caso, no dirigimos la atención solamente a la geometría y dar todo el crédito a la topología sería caer en ese error. Sin embargo, nadie tiene la verdad y menos en el pensamiento que le confiere a cada individuo, por lo que argumentos habrá muchos y los puntos de vista son infinitos tratándose de definir lo que pasa en la mente de los demás.

3.4. Pensamiento conceptual de Escher

Este apartado profundiza en dos conceptos constantes en la obra de Escher. Definirlos no es suficiente ya que se les ha analizado de diferentes maneras, abarcando diversas disciplinas; desde el punto de vista matemático, filosófico, psicológico, físico, etcétera.

La noción que se tiene acerca de "espacio" e "infinito" en Escher, deriva generalmente de la temática utilizada y lo que representan sus imágenes; pero ambos conceptos se relacionan estrechamente con el conocimiento y la conciencia de lo que nos rodea y forma parte de nuestro pensamiento humano y la percepción del mundo real. No debemos considerarlos superficialmente. Se han utilizado como términos de la vida cotidiana, dentro de nuestro campo semántico sin ahondar en su significado; al espacio comúnmente lo relacionamos con un "lugar", o un "vacío", ocupado por un cuerpo ó ubicado dentro o fuera de él. Del infinito podríamos decir que es algo que tiene inicio pero no fin, nunca termina.

INFINITO

Sabemos que el conocimiento proviene de la experiencia. Entonces ¿Cómo concebimos el infinito si basamos nuestras vivencias en algo finito? Es decir, se nos ha hecho saber que la serie de números naturales es infinita porque obtenemos un nuevo número sumándole siempre uno, pero invariablemente se ha dejado inconclusa, se han detenido en cualquier número, se le ha puesto FIN al conteo. De esa manera lo que parecía infinito se convirtió en finito. Nosotros mismos ponemos límites a nuestros actos y sugerimos que hay un infinito pero

nunca lo hemos experimentado. Por lo tanto no forma parte de nuestro conocimiento real.

Este debate de conceptos fue expuesto desde hace mucho tiempo por Aristóteles y Descartes, entre otros; sin embargo, la noción de infinito siempre ha estado relacionada con la posibilidad de designar a Dios, como ente o presencia cuyo poder no tiene límites y a la vez puede estar en cualquier parte; de esta manera, así como hubo pensadores dispuestos a defender su postura, se crearon propuestas filosóficas como las materialistas, espiritualistas o estoicas por mencionar algunas, que inclinaban la balanza de acuerdo a sus convicciones, vinculadas principalmente a qué tan alejadas o cercanas estaban de su creencia en Dios.

Obviamente esta polémica ha trascendido a nuestros días, en que son involucrados estos conceptos.

El infinito puede ser entendido de diversas maneras, aun cuando todas ellas deban reducirse, en última instancia, a un fundamento único. Por lo pronto, infinito significa algo negativo: la ausencia de fin y de término. Esta por así decirlo negatividad del infinito es una de las razones por las cuales en el pensamiento griego de la primera hora el infinito era excluido y aún perseguido: solo lo finito tiene límite, proporción y medida. Lo infinito fue durante mucho tiempo para los griegos lo imperfecto y se oponía a la perfección de lo que puede ser abarcado y delimitado. Lo negativo del infinito se transformaba bien pronto en positivo; en rigor, lo infinito era negativo sólo porque escapaba a toda definición y delimitación, porque era justamente lo opuesto a ellas.

Lo infinito no es ya entonces considerado en su aspecto negativo; lo negativo es sólo la impotencia de la mente humana para pensarlo¹⁶.

¹⁶FERRATER, José. *op.cit.* p. 362

Esta cita menciona algo importante, el que nuestra mente no alcance a comprender el infinito no significa que no existe, puede ser incomprensible pero no inconcebible, tal vez no haya sido experimentado pero eso no lo condena a la inexistencia; sin embargo, el género humano está acostumbrado a recibir pruebas y demostraciones palpables antes de afirmar o desmentir un hecho. Es aquí donde retornamos a lo que ha movido siempre al mundo (aunque las explicaciones más lógicas demuestren lo contrario: las creencias): un fenómeno llamado FE que motiva a adjudicar el sinónimo de infinito a lo que se considera divino. De esta manera explicaríamos por qué las grandes dos divisiones del pensamiento se hayan ido hacia un razonamiento científico y hacia otro considerado espiritual; el primero necesita pruebas comprobables y el otro confla en una grandeza que de no ser así no existiría tampoco en el mundo científico.

Son muchas las posturas acumuladas a través del tiempo y mencionarlas ayuda a formarnos una idea propia acerca del infinito:

a) Aristóteles: La distinción aristotélica del infinito se divide en dos: el *infinito potencial* y el *infinito en acto*.

El *infinito potencial* nos señala, en todos los casos una tarea interminable; siempre podemos continuar el proceso, sea añadiendo nuevos elementos, sea obteniendo nuevas partes menores en el proceso de división. Podríamos expresar las propiedades de este infinito diciendo que, dada cualquier etapa del proceso, siempre hay una más que podremos recorrer¹⁷.

Para explicar mejor el infinito potencial recordemos el ejemplo que al inicio se daba con la serie de los números enteros, donde nos hacemos conscientes que no termina nunca y solo alcanzamos sus porciones finitas; sabemos

que el proceso de suma y obtención de más números sigue adelante, pero siempre tendremos sólo una serie finita. Esto es, todo lo que manejamos o conocemos puede tener una extensión "infinita" pero debido a nuestros alcances solo experimentamos y vivenciamos los límites puestos en cada cosa, cuenta, lugar o acción que se torna a nuestro alrededor.

El infinito en acto implica la existencia de una totalidad infinita. En este caso no se considera un proceso de cuenta, sino que se acepta la existencia de un número infinito de objetos, de componentes, etc¹⁸.

El infinito en acto solo acepta y da por hecho el infinito, esto se refiere más a una cuestión ontológica en la cual la existencia no depende de nuestra capacidad para conocer o aceptar. De aquí la explicación de Dios como ser infinito, es una enseñanza heredada, por transmisión de conocimiento y fe, sin embargo no lo conocemos ni lo hemos visto, aceptamos esa presencia como totalidad infinita.

En el infinito potencial parece tomarse más en cuenta el aspecto epistémico, esto es, la manera en que conocemos algo infinito.

A manera de conclusión, el infinito potencial es un acontecimiento cultural creado por el hombre, como por ejemplo la medición del tiempo; y el infinito en acto es relacionada y adjudicado a la divinidad.

b) Filósofos espiritualistas: Basan la existencia del infinito en una mera intuición, el espíritu intuye el infinito aunque no lo comprenda.

Los espiritualistas limitaban la creación a un mundo finito y nuestro espíritu, como parte de lo creado, también tenía serias limitaciones para llegar a com-

¹⁷BENÍTEZ, Laura. *El espacio y el infinito en la modernidad*, Publicaciones Cruz O. S.A. México, 2000, p.28

¹⁸*Ídem*.

prender aquello que con mucho lo rebasaba, esto es, lo plenamente infinito, el absoluto de la divinidad. El espíritu llegaba a intuir la existencia del infinito, aun cuando no pudiera explicarse *como fuera* eso infinito; dicho de otra manera, el espíritu *comprendía* que *no podía comprender el infinito*¹⁹.

Esta explicación demuestra que por medio del pensamiento racional no podía demostrarse la existencia de algo infinito (porque sería una razón finita), por lo que acudían a una explicación basada en la fe. Pero si tenían que recurrir a un argumento "científico", se basaban en las matemáticas donde geoméricamente se obtiene el infinito por medio de la división; es decir, la divisibilidad indefinida de cualquier magnitud. (Este punto de discutirá más adelante con Escher).

c) Los materialistas: Definitivamente su postura radica en que lo que no se puede comprobar no existe.

Lo que no se puede comprender, porque no se puede representar, esto es, no puede tenerse de ello ninguna idea, es algo que rebasa no sólo cualquier posibilidad de conocimiento sino que, al no remitirnos a ninguna entidad, es inexistente²⁰.

d) Los empiristas: El infinito es inconcebible porque carecemos de una representación y sin ello no hay conocimiento. Estamos acostumbrados a representaciones finitas ya que la mente humana opera bajo esa condición.

e) Los ateos: Como su nombre lo indica, reconocemos a una persona atea por no creer en Dios o cualquier ente que conlleve una divinidad ya que no depositan su confianza en alguien que no han visto y de ahí se

origina su escepticismo del tema. Por lo que llegan a la conclusión de que lo que no puede concebirse no existe y si Dios no puede concebirse como finito ni como infinito no es una entidad.

Dentro de estas posturas se mencionará a Descartes y Malebranche más adelante, ya que su posición con respecto al infinito está íntimamente ligada al concepto de espacio, el cual se desglosará de igual manera que el anterior y estos dos a su vez con el pensamiento geométrico.

ESPACIO

Considerado desde el punto de vista de la Física y de manera filosófica, este concepto nos involucra de forma más cercana a la experiencia y al conocimiento de lo que significa. El espacio que ocupa un cuerpo, el espacio vacío que espera ser ocupado, el espacio exterior, el espacio interior, el espacio designado para edificar algo, el movimiento en el espacio, viajar al espacio, el espacio como extensión, solo son algunas de las consideraciones que utilizamos para definir y designar una función dentro de nuestro quehacer diario; sin embargo, al igual que el infinito sus connotaciones van más allá del uso cotidiano.

Generalmente relacionamos el espacio con cuestiones tridimensionales: los cuerpos y el volumen que ocupan o las superficies que los delimitan; así como la posibilidad de medirlos con una regla.

Le Corbusier menciona dos características fundamentales del espacio:

En primer lugar se trata de algo estrechamente ligado a nuestra existencia. Pero además, en cuanto a categoría fundamental de la existencia humana es un elemento presente en prácticamente todas las activi-

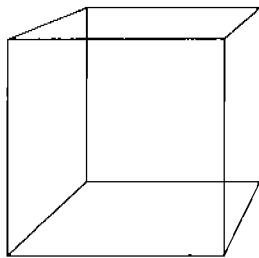
¹⁹*Ibidem*, p. 92

²⁰*Ibidem*

dades del hombre y, en particular, en el diseño y en el arte. La existencia del hombre se define y desarrolla a partir de la posesión del espacio²¹.

El espacio como lo menciona Le Corbusier lo consideramos como una posesión a manera de territorio donde puede hacer uso de el, incluso está el llamado "espacio vital" de cada individuo donde no se permite la cercanía de otra persona más allá de ese espacio; no se puede transgredir ciertos límites con respecto a mi persona a menos que haya intimidad o una relación cercana que permita romper con ese espacio vital.

En lo que se refiere a la actividad en el arte y el diseño podemos mencionar al espacio bidimensional que dentro del lenguaje gráfico se identifica como el conjunto de punto, línea y plano visual y conceptual (temas que se explicaron en capítulos anteriores) el punto es la mínima expresión, la sucesión de puntos nos da una línea y el conjunto de líneas da por resultado un plano; por otro lado espacio bidimensional puede relacionarse con una bidimensión-tridimensional, en otras palabras, el espacio (tres dimensiones: ancho, largo y profundo) se representa en dos (bidimensional: ancho y largo) y en este último aspecto es donde se desempeña la acción de plasmar en un plano o soporte la representación de objetos donde solo se insinúa su tridimensión, como este cubo:



Este cuerpo geométrico se caracteriza por seis caras de cuadrados perfectos, ocho puntos vértices y doce aristas; y es lo mismo que observamos en este dibujo con la diferencia que este volumen realmente no existe es solo una ilusión sobre un plano.

En resumen:

Si trazáramos una línea en el espacio entonces estaríamos en la primera dimensión, pero solo podría ser imaginaria; nuestro mundo se circunscribe en la tercera dimensión, o sea, en el espacio.

Afortunadamente existe una segunda dimensión, que es en realidad una mediadora entre la imaginación y la realidad porque nos permite comunicarnos visualmente mediante letras, los números, los dibujos, las pinturas y representar nuestra realidad; el espacio.

Lo plano es la línea mientras no adquiera volumen, en cuanto suceda esto adquirirá un lugar en el espacio, se tornará a la tercera dimensión²².

Retomar la definición de espacio como "límite" nos remite a la postura de Aristóteles quien relaciona su pensamiento de lo finito hacia el universo que se encierra en una esfera y fuera de esos límites no hay nada:

El universo aristotélico está perfectamente acotado, éste es un universo finito, esférico, que tiene como su límite la esfera de las estrellas fijas. Fuera de estos límites, según lo señala Aristóteles, no hay ni lugar, ni tiempo ni espacio²³.

Aristóteles plantea que el espacio es un atributo de los cuerpos y a su vez aclara dos absurdos: el primero que el espacio no es tridimensional; y el segundo, no es un espacio vacío, lo llama "el lugar". Su primer argumento se basa en que si el espacio fuera tridimensional se

²¹En *Síntesis. op.cit.* p. 62

²²DEL BOSQUE Araujo, José. *op.cit.* p. 20

²³BENÍTEZ, Laura. *op.cit.* p. 20

considerarla como un cuerpo y dos cuerpos no pueden ocupar el mismo espacio o "lugar"; por otro lado, considerar al espacio como "vacío" es igualmente absurdo ya que se penetrarían dos cuerpos y esto equivaldría a la interpenetración de dimensiones.

De esta manera, el espacio para Aristóteles sólo es un atributo de los cuerpos no es algo distinto ni separado y al considerarlo delimitado lo refiere a la postura de que no es infinito.

Sin embargo, las posturas filosóficas nos conducen a los razonamientos visuales que forman también diferentes vías de análisis, en este caso, la sensación del espacio es la interpretación de la forma o una imagen ya que su percepción es lo que ocurre ante la representación de las dimensiones (espacio bidimensional). Ejemplo de esto es:

- La sensación de espacio originada por el manejo de figura-fondo: Sabemos que este recurso perceptual nos lleva a la apreciación de diversos planos, así como un espacio vacío y otro ocupado.
- La sensación de espacio por medio de diferencias de tamaños; acompañado de los llamados pesos visuales, de la distribución de estos en el plano y que originan un equilibrio o desequilibrio dependiendo de su relación entre formas.
- La sensación de espacio por diferentes valores tonales: Sabemos que el manejo de clarooscuro así como del contraste entre blanco y negro da la sensación de volumen en una imagen, así como la profundidad entre planos; los más cercanos estarán más oscuros y los lejanos más difusos.
- La sensación de espacio por perspectiva: aquí se aplican las relaciones lineales, ya que al ser considerada una proyección cónica, las líneas entre sí se alejan a partir

de un punto de fuga hacia el observador y al contrario, al acercarse a un mismo punto en el horizonte, dan la sensación de profundidad dentro de un espacio.

El ser humano tiene una existencia espacial, ya que interactúa con su entorno y lo delimita siempre, por la necesidad de marcar su territorio o establecer una función a cada parte, así, el infinito no puede ser concebido de manera tangible ya que vivimos con límites en el tiempo, en las actividades y en el mismo ciclo de vida; de esta manera el infinito potencial se relacionaría con el espacio siendo que también en la cuenta de las horas o minutos sabemos que es interminable, pero para nuestra conveniencia y cultura, este tiempo se divide en 24 horas y marca el inicio y término de cada día. Sin embargo, el infinito en acto no está tan lejos de considerarse dentro del espacio. Así como Aristóteles lo definía como limitado y esférico nuestro conocimiento del espacio se asemeja por obvias razones; pero no por los parámetros ya establecidos dejamos de imaginar y considerar que el espacio pueda abarcar más de lo que nuestro razonamiento asimila, como pensar que hay más allá del universo que conocemos.

El infinito en acto era relacionado con la divinidad, con Dios; y precisamente este aspecto de lo divino suele asignarse a la ciencia, que es de origen cultural pero debe su existencia a los fenómenos naturales:

A partir de los griegos, la geometría fue pensada como la descripción del espacio. El Universo estaba dotado de una racionalidad cuya estructura era esencialmente geométrica.

Dios era un geómetra. De esta forma, el descubrimiento geométrico no era otra cosa que el descubrimiento del Plan Divino. Esto condujo a que en los espacios y objetos producidos por el hombre se reflejarán sistemá-

ticamente las relaciones geométricas divinas o cósmicas si se prefiere²⁴.

En párrafos anteriores se manifestaba que la geometría era considerada por Escher como infinita por medio de la división y esto nos cuestionaba si la geometría era divina; los ejemplos más claros son las imágenes que parten de la división regular de la superficie, mejor conocidas como los "mosaicos" de Escher; esta partición puede ir de módulos pequeños hacia grandes y viceversa ya sea aplicando la geometría plana por medio de redes y simetría ó la geometría no euclidiana donde los lados de los triángulos son líneas curvas; de este modo, no solo se fragmenta sino que esas partes se subdividen entre sí de manera que no podamos contemplar el fin de ese proceso matemático, sin embargo aunque vemos el inicio de la partición y no alcanzamos a ver el final por las posibilidades de continuar dividiendo cada parte, este infinito puede ser finito al estar delimitado tan solo por el formato de la obra y al cortar el papel o la imagen nos indica el término de la operación aunque sugiera lo contrario. Entonces lo que puede ser el espacio infinito en acto se convierte en el espacio infinito en potencia. Es así que no podemos encasillar a Escher dentro de un concepto absoluto como el espacio o el infinito, ya que estos en sí no lo son; cabe aclarar que no denomino a Escher como aristotélico, simplemente encuentro coherencia en el manejo de su obra con la postura de Aristóteles.

Así como el espacio geométrico tiene connotaciones específicas, también este concepto es considerado de distinta forma dependiendo el campo de conocimiento que lo estudie:

Desde el punto de vista psicológico, el espacio es considerado como objeto de la percepción, y la respuesta al problema ha dado por resultado diferentes teorías acerca de los distintos espacios (táctil, auditivo, visual, etc.), así como de la adquisición de la idea de espacio (empirismo, naturalismo, etc.).

Desde el punto de vista geométrico, el espacio es considerado como "el lugar de las dimensiones" como algo continuo e ilimitado.

Desde el punto de vista físico, el problema del espacio se relaciona íntimamente con las cuestiones referentes a la materia y al tiempo y, en realidad, la respuesta a estas cuestiones afecta también, como en la reciente física, a la constitución geométrica.

Desde el punto de vista gnoseológico, el espacio es examinado en cuanto clase especial de categorías.

Desde el punto de vista ontológico, como una de las determinaciones de ciertos tipos de objetos.

Finalmente, desde el punto de vista metafísico, el problema del espacio engloba el problema más amplio de la comprensión de la estructura de la realidad y va ligando casi siempre a concepciones muy generales que vinculan el predominio de la especialización al del racionalismo, al del irracionalismo y el trascendentismo²⁵.

De esta manera, infinito y espacio están arraigados en el pensamiento, específicamente en las manifestaciones visuales. Por otra parte, queda claro que para Escher el uso del espacio no está desvinculado ya que el infinito se manifiesta espacialmente y el espacio a su vez puede considerarse finito o no, dependiendo de la sensación producida por cada imagen y la connotación personal del artista.

²⁴En *Síntesis*. *op.cit.* p. 27

²⁵PRRATPR, José, *op.cit.* p. 1002

capítulo IV.
**LA GEOMETRÍA EN
LA SUSTENTACIÓN
DE LA FORMA EN
ESCHER**

Una vez planteadas las bases de este análisis de las obras de Escher, se iniciará con la descripción, ya que cada imagen transmite siempre una idea ó narración que involucra sensaciones y acciones.

4.1. Las transiciones geométricas de Escher

La vinculación que existe entre la geometría y la forma se planteó poco a poco desde el conocimiento geométrico como ciencia universal hasta las manifestaciones culturales por la intervención del hombre, donde a través del tiempo la usó y aplicó dependiendo de sus necesidades sociales ó de aprendizaje. De igual manera la forma fue descrita desde el punto de vista natural; es decir, su origen en la naturaleza se aprecia como una forma geométrica, donde los procesos de abstracción del ser humano han permitido su estudio y clasificación dejando muy claro que la unión de la geometría depende de que la forma natural da origen a la cultural. Es decir, el uso de los procedimientos geométricos genera la forma que de inicio se considera geométrica ya que al surgir de la propia naturaleza hablamos de polígonos y espirales principalmente.

La forma por sí misma existe, solo que en el proceso de la contemplación a la realización atañe a elementos de la geometría y en este caso en particular a la geometría plana. De esta manera se afirma que la geometrización es la sustentación de la forma. Por otro lado, hemos abordado la figura de Escher como persona, artista y geómetra analizando los aspectos visuales y conceptuales concernientes a sus obras. El desglose de cada uno de ellos permitió un acercamiento de lo que pudo ser el pensamiento creativo de Escher.

En este capítulo los tres aspectos que fundamentan esta investigación (geométrico, formal y creativo) se enlazarán y darán un resultado representado por las obras de Escher, se escogieron tres de ellas para esta-

blecer esquemas geométricos, formales y conceptuales basado en el estudio hecho anteriormente. La geometría plana, descriptiva y no euclidiana engloban el universo de esta ciencia y las obras seleccionadas corresponden a cada una de ellas; es así que no solo se sustenta estructuralmente cada imagen sino que conceptos como espacio, infinito, simetría, pregnancia, etc., serán estudiados a través de su análisis.

Las tres obras correspondientes a cada estudio son:

NOMBRE	CLASIFICACIÓN
<i>Evolución II</i>	Geometría plana
<i>Ciclo</i>	Geometría descriptiva
<i>División</i>	Geometría no euclidiana

A simple vista, estas obras no tendrían mucho en común excepto que se les clasifica por medio de la geometría y pertenecen al mismo autor; y aunque cada una de ellas se rige por parámetros diferentes en la representación de formas, hay un aspecto que las distingue y relaciona al mismo tiempo: cada una de ellas presenta la combinación entre forma geométrica y forma orgánica ó figurativa. La primera puede estar implícita en la composición ó establecerse dentro de la estructura que la origine. Los elementos que se presentan mantienen la constante manipulación de la forma por medio del cambio de tamaño y la transformación partiendo de la presencia poligonal ó poliédrica hacia un motivo reconocido, animal ó persona, acentuando cada uno de los posibles cambios por medio del contraste.

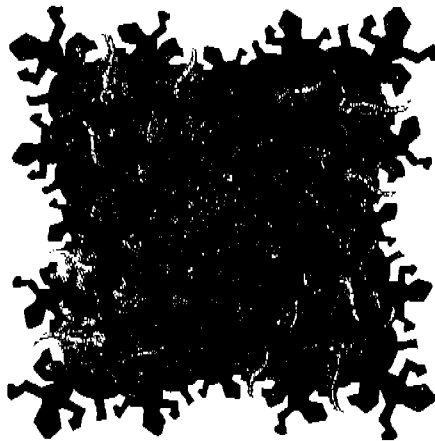
No definimos esta transformación con un concepto determinado, ya que en el análisis se establecen los parámetros para designar un término específico y no se

incurre en la denominación de “metamorfosis”, ya que como se planteó en páginas anteriores, no se generaliza la transformación de la forma como un cambio único y universal que influyen la disciplina y condiciones formales y visuales bajo las que se da este cambio.

Una vez planteadas las bases de este análisis de las obras de Escher, se iniciará con la descripción, ya que cada imagen transmite siempre una idea ó narración que involucra sensaciones y acciones. Posteriormente se elaborará el esquema de cada una de ellas en el sentido geométrico y conceptual.

4.2. Evolución II

Esta obra es de 1939 fue realizada en la técnica de grabado en madera. Su presentación depende de las publicaciones donde se consulte; puede ser apreciada en tres colores: verde desaturado percibido como verde-gris, naranja y púrpura; y si es en valores de grises se observarán tres tonos: blanco, gris y negro.



El formato está determinado por una evolvente cuadrada percibida por los límites de la imagen la cual está integrada por polígonos hexagonales y reptiles geometrizados que parecen lagartijas; su disposición en el plano sugiere un movimiento en espiral excéntrica (es decir que surge del centro hacia fuera) pero también puede ser concéntrica (del exterior hacia dentro). Los hexágonos surgen del centro con un tamaño casi imperceptible y progresivamente se alejan de él aumentando su dimensión; a poca distancia del punto origen los polígonos giran simultáneamente al aumento de tamaño; empieza la transición gradual de la forma geométrica hacia la figurativa. Finalmente se aprecian los reptiles bien definidos en los bordes de la imagen dando por terminado el proceso porque el formato así lo determina, pero el constante movimiento da la sensación de que este desarrollo puede continuarse más allá de los límites del soporte.

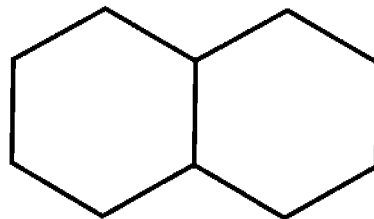
ESQUEMA GEOMÉTRICO

Clasificamos *Evolución II* dentro de la Geometría plana, tomando en cuenta que los elementos que intervienen así como su distribución en el plano corresponden a una representación bidimensional.

La división que se hace de los períodos de Escher se basó en tres temas matemáticos. El de *la estructura de la superficie* es el que nos concierne en este momento, ya que a esta clasificación corresponde la partición regular de la superficie que consiste en la división de un plano donde formas estrictamente matemáticas van convirtiéndose paulatinamente en animales o personajes humanos, y este ciclo es una aproximación al infinito. Esta división de la superficie se relaciona con los llamados mosaicos que Escher estudió en la Alhambra reflejados en el patrón geométrico que sigue y donde es constante la presencia de redes hexagonales que surgen de triángulos equilá-

ros; dependiendo de la utilización del contraste nos lleva a interpretar al hexágono como cubo, es decir, un hexaedro; pero este cuerpo no toma parte en esta obra ya que correspondería a la geometría descriptiva.

Se ha establecido que llamamos polígono a aquel cuyos lados y ángulos son iguales y dependiendo del número de lados que tenga recibe su nombre. La unión de los polígonos por lado común establece una red plana que se obtiene si se trasladan motivos en dos direcciones del mismo plano, sin dejar espacios libres y proporciona una estructura modular constante en forma y tamaño. De esta manera se contemplan dentro de la isometría, perteneciente a la Simetría, término que se da a figuras iguales cuya distancia es constante; por otro lado, se consideran cuerpos isométricos infinitos a las redes, ya que son cuerpos que aparentemente son infinitos o sin fin y que pueden reproducirse de esta manera, como son las bandas y varillas:



Aquí los hexágonos son por sí mismos parte de la imagen y a su vez sustentan la presencia de los reptiles, ya que dejan de ser una manifestación formal para convertirse en evolvente de donde surge el cambio hacia un animal; los ejes que se utilizaron para determinar la espiral de Arquímedes también ubicaron diferentes tamaños de los polígonos constantes en todo el desarrollo de *Evolución II*.

Otro elemento geométrico que aparece es la espiral, curva plana engendrada por un punto que gira

alrededor de otro, de manera que la distancia entre ambos varía según una determinada ley. Existen espirales logarítmicas, la hipérbola y la espiral de Arquímedes. En ésta última se centra nuestra atención, ya que es por medio de ella que se desarrolla el movimiento y crecimiento de los polígonos en *Evolución II*. Es una curva que simboliza un movimiento uniforme y se emplea en diagramas cristalográficos; se encuentra en la naturaleza plasmada en los centros de flores como el girasol que tiene como estructura principal la espiral, de igual manera en la rosa, si se voltea la cabeza de la flor hacia nosotros, se observa que en su interior los pétalos describen una espiral perfecta.

La localización de la espiral de Arquímedes en la imagen de Escher se dio por el manejo de la evolvente cuadrada que delimita la composición, al tratarse de un polígono regular se circunscribe una circunferencia dentro del cuadrado con la ubicación del centro de la misma por medio de ejes perpendiculares entre sí; en un radio superior de estos ejes que se convirtieron en el diámetro de la circunferencia se definieron varias medidas que son otros radios para trazar 16 circunferencias concéntricas a la primera, y estas nos pedían dividir a su vez a la circunferencia mayor en 16 partes iguales; teniendo esa división del plano se inició el trazo de la espiral ubicando las evolventes para cada secuencia de crecimiento y su posición entre elementos geométricos.

Polígonos y espirales pertenecen al campo semántico de la geometría plana, no solo por clasificación sino por su construcción como formas bidimensionales sin volumen. Los dos sustentan los reptiles que resaltan en la imagen y a la vez forman parte del resultado final. Geométricamente hablando este es el análisis estructural de la obra y se confirma con su trazo previo.

ESQUEMA FORMAL.

Este apartado se enfoca al aspecto visual, a las características que envuelven a la forma en su transformación y manipulación. Se mencionó en el esquema geométrico que los polígonos sufrían un cambio progresivo de tamaño y a la vez una transformación de lo geométrico a lo figurativo. Estos dos procesos nos remiten a la simetría, la topología y la pregnancia respectivamente.

Simetría

La intervención de la Simetría en este caso abarca:

1. Homeometría
2. Singenometría
3. Cambio de perímetro
4. Rotación

La Homeometría es un tipo de simetría donde los motivos, semejantes entre sí, se repiten en sucesión monótona con un cambio progresivo de tamaño. Esta modificación se observa en los hexágonos que se repiten en un ritmo continuo a través de la espiral de Arquímedes y conforme avanzan hacia el exterior se da la extensión del motivo. Una vez que se da la transición de polígono a reptil éstos también aumentan su proporción.

En cuanto a la Singenometría se consideran singenométricos los motivos que sufren o una transformación progresiva a partir de una forma original. En este caso, volvemos a los hexágonos que generan los demás elementos que complementan la imagen, por lo que son la forma poligonal original y cambian su estructura geométrica paso a paso hasta terminar en reptiles.

El cambio de perímetro como su nombre lo indica consiste en alterar los contornos de los motivos por medio

de líneas rectas, curvas o ambas pero siempre siguiendo el mismo orden lo que dará por resultado nuevos motivos. Esto aplica en los lados de los polígonos por medio de una línea mixta (curva y recta simultáneamente) y este perímetro incrementa su transformación para solucionar en pocos pasos la forma del reptil.

Dentro de las operaciones de yuxtaposición simétrica se encuentra la rotación, en el análisis No.1, se observa que toda la imagen puede dividirse en cuatro partes iguales o cuadrantes; cualquiera de estos segmentos es un supermódulo que si se rota se va a yuxtaponer en los otros tres módulos, rectificado así que cada elemento giró a través de una espiral y posteriormente uno de los cuadrantes rota sobre los demás a 360 grados completando la totalidad de la imagen.

Topología

La Topología se definió como la transformación de la forma y su regla fundamental es no alterar la estructura principal. Se ejemplificaba con un cubo de caucho que si se torcía o giraba obviamente cambiaría su apariencia pero su masa sería la misma y la estructura seguiría siendo un cubo, ya que no se le agregó o se le quitó caucho al manipularlo. Con respecto a la topología en el ámbito bidimensional, se la consideraba como un cambio siempre y cuando sólo se modifiquen las propiedades geométricas; es decir, el perímetro, los ángulos internos y externos o el área. La topología en *Evolución II* puede relacionarse con el cambio de perímetro establecido por las reglas de la simetría. En este desarrollo poligonal, a pesar de que sufre transformaciones en sus lados se conserva la estructura principal y muestra de esto es que los reptiles son estructurados por la evolución del hexágono ya que la red que se aprecia en el inicio no presenta ningún espacio entre vértices, y esta

constante continúa en la zona transformada. Se podrá alargar o modificar los lados de la forma geométrica hasta dejar de representarla pero permanece la esencia de la configuración y el sentido del orden.

Pregnancia

Es una transformación progresiva que se logra a partir de un primer elemento para llegar a formar un segundo elemento diferente. Hay que recordar que esta metamorfosis en la pregnancia no se considera como deformación, ya que las formas dejarían de ser pregnantes. La transformación se ubicaría en los mismos integrantes donde se manifiesta la intervención de la topología ¿Cómo pueden dos términos designar el mismo fenómeno? La respuesta sería que depende bajo qué disciplina se estudie este proceso, en un enfoque dirigido a las matemáticas la topología es lo correcto y la pregnancia correspondería a lo gráfico. En este caso, la ciencia geométrica se cobija en las matemáticas y la representación de una imagen se sustenta igualmente en lo gráfico y bidimensional, por lo que ambos conceptos son válidos en la explicación visual de la obra.

ESQUEMA CONCEPTUAL

El tema tratado en *Evolución II* es un continuo proceso de cambio, de transición. Interpreto esta obra como la adaptación que el ser humano lleva a cabo para solventar sus necesidades de vida y aprendizaje. El conocimiento adquirido surge de lo que nos rodea, de la naturaleza y de las formas naturales; la "traducción" de esta información es lo que consideramos producto cultural y en la actualidad seguimos buscando respuestas en el entorno regresando al origen de todas las cosas,

ya que la perfección y el equilibrio que se encuentra en las formas generadas en la naturaleza no son producto de la mano del hombre; al contrario, la copia e imitación de lo ya existente es un reconocimiento hacia la capacidad de adaptación para nuestro beneficio.

Esta adaptación es la representación de *Evolución II* donde los polígonos, formas generadas en los copos de nieve, en las plantas, etc., se desprenden de su origen y a través de varios pasos a seguir se transforman y modifican hacia lo que reconocemos como parte de nuestra existencia; en este caso, los animales que nosotros denominamos científicamente como reptiles. El ciclo de la vida se considera finito, uno nace, crece, se desarrolla y finalmente muere, ahí termina la existencia de cualquier ser vivo pero este ciclo vuelve a empezar y una vez que termina vuelve a empezar, es una cadena continua que no tiene límite, es claro que se repetirá indefinidamente.

El sentido de esta evolución es dada por la aproximación al infinito que Escher simboliza en varios de sus trabajos. La clasificación de este concepto ya fue explicada en dos vertientes: el infinito en acto y el infinito potencial (capítulo III).

Recordemos que nuestra experiencia está sujeta a la finitud en todos los aspectos. Podemos imaginar y suponer que toda acción puede llegar al infinito, sin embargo nadie lo ha comprobado; y si no se percibe no existe, a menos que este concepto se considere como infinito en acto: se da por hecho por un acto de fe o creencia. Se ejemplificaba la infinitud potencial con la serie numérica en la cual se sabe que sumando números se obtienen cifras innumerables, pero siempre nos detenemos en un punto por la obviedad matemática o porque sólo necesitamos cierta unidad. Vivimos con límites y nosotros los hemos establecido para llevar un orden dentro de la so-

ciudad, pero la interrogante siempre existirá ¿Qué hay más allá de lo que conocemos?: tal vez esa necesidad nos induce a plasmar lo que podría representar el infinito; concepto involucrado en este análisis por la sugerencia de una continuidad pero delimitado al fin y al cabo por las medidas de la obra. Escher es un claro ejemplo de la búsqueda por romper con los límites y aunque cae en un infinito potencial empezando por la restricción del formato, cumple con transmitir esa sensación en una imagen que materializa de alguna manera una de tantas posibilidades de interpretar lo que nuestra mente elabora en tantas versiones. Por eso no es tan descabellado designar a Escher no solo como artista ó geómetra sino como un gran interprete del pensamiento, ya que poder visualizar lo que la mente genera y pasarlo a un soporte a través de la imagen como "traductor" de ese pensamiento requiere de una gran habilidad no solo manual sino intelectual y sensitiva para comunicar exactamente lo que requerimos.

Evolución II es un fragmento del número infinito de la posibilidad de crecer las figuras si se ignora la línea-límite conceptual que marca lo finito.

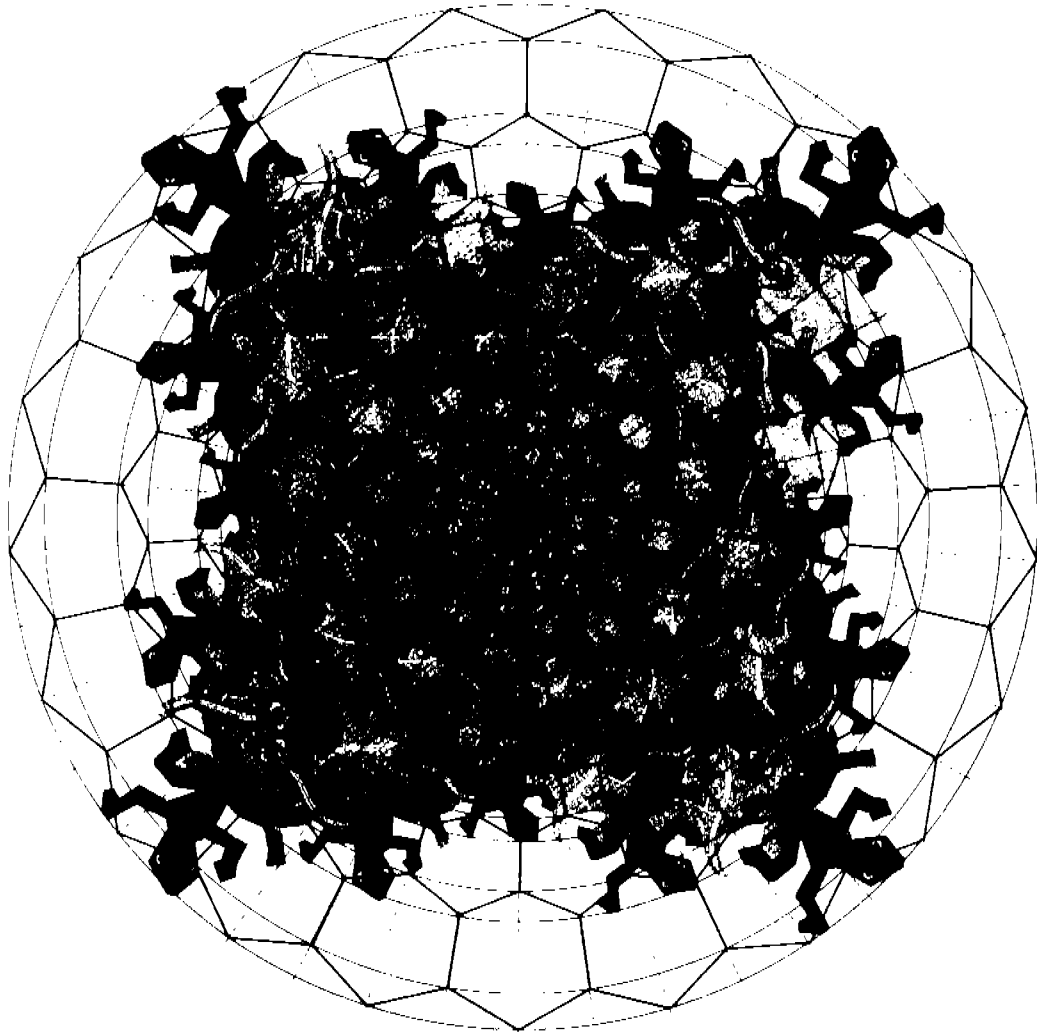
Resumiendo:

ESQUEMA GEOMÉTRICO	ESQUEMA FORMAT	ESQUEMA CONCEPTUAL
Geodésica	Homomorfía	Infinito
Triángulo elíptico	Rotación	Espacio
Triángulo hiperbólico	Distorsión	
	Reflexión	
	Figura-fondo	

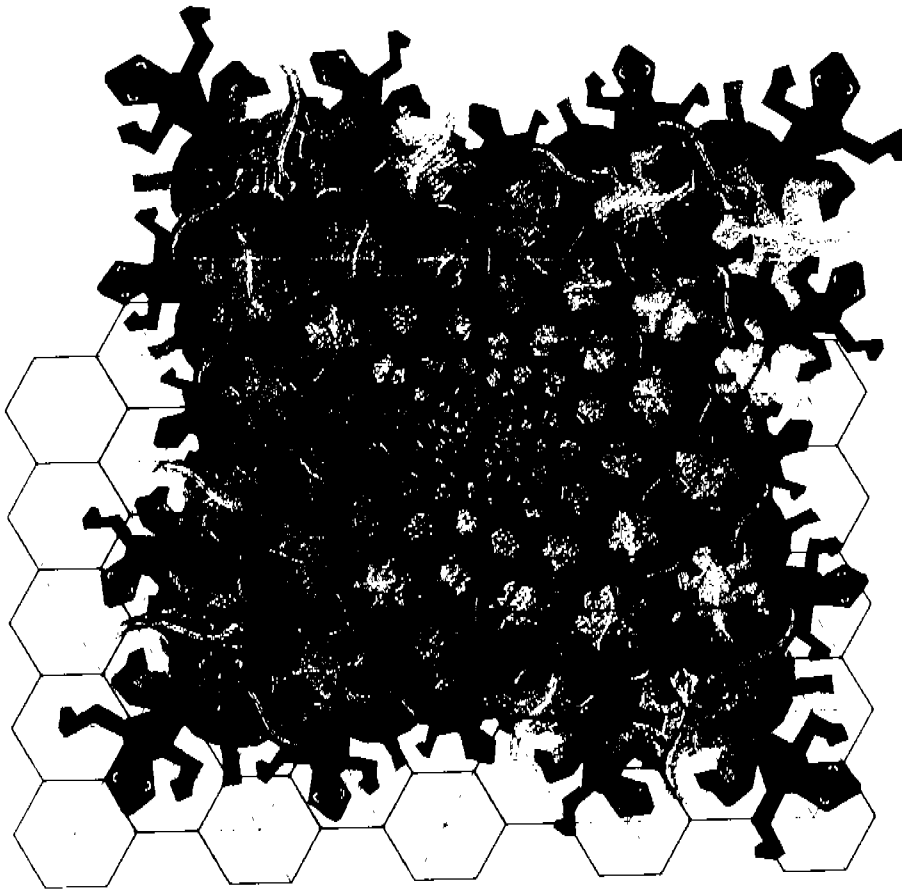
Evolución II

Litografía, 1939, 45.5x45.5 cm

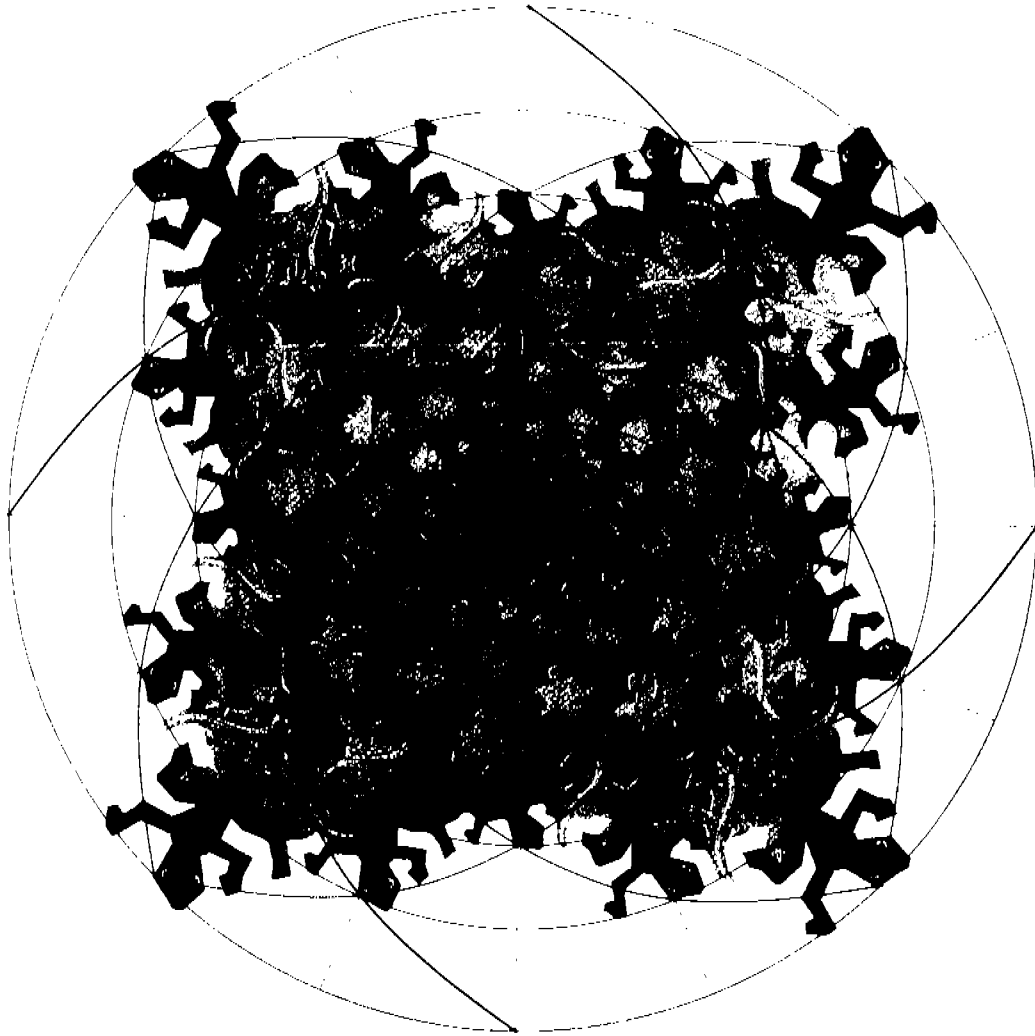
- A. HOMEOMETRÍA: Cambio gradual de tamaño en los hexágonos.
- B. SINGENOMETRÍA: Transformación progresiva de la forma original (polígono) hacia los reptiles.
- C. CAMBIO DE PERÍMETRO: Modificación de los lados poligonales para concluir en el perfil del reptil.
- D. ROTACIÓN: Por cuadrantes y por cada módulo hexagonal y figurativo.
- E. TOPOLOGÍA: Son topológicas las transformaciones de una forma hacia otra pero conservando su estructura original que son las evolventes poligonales.
- F. PREGNANCIA: Transición gradual de una forma geométrica hacia una figurativa.
- G. INFINITO: Desarrollo de una secuencia desde un punto origen hacia el exterior sin límite aparente.



A. ISOMETRÍA: Figuras iguales cuya distancia entre sí es la misma. En este caso, las figuras son hexágonos, polígonos regulares que al unirse por lado común forman una red. Las redes están conformadas por figuras isométricas infinitas.

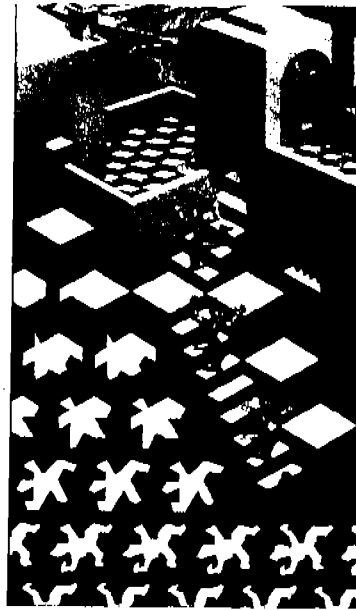


A. ESPIRAL DE ARQUÍMEDES: Dos ejes perpendiculares entre sí dividen en cuatro cuadrantes esta imagen ó en cuatro ángulos rectos; cada ángulo se subdivide en cuatro partes iguales obteniendo en total 16 divisiones. A partir del centro se trazan circunferencias con diferentes radios y sus intersecciones con los 16 ejes dan los puntos de referencia que alternadamente se van uniendo para obtener las espirales; la cual cada una es tangencial a los lagartos por tamaño y por su movimiento hacia el exterior.



4.3. Ciclo

Es una litografía de 1938 realizada en blanco, gris y negro. El contraste por medio de los tonos acentúa la percepción de la tridimensión-bidimensional; esta característica ubica la obra *Ciclo* dentro de la Geometría descriptiva cuyo objetivo es representar los cuerpos por medio de proyecciones planas y manifestar las tres dimensiones: anchura, altura y profundidad; es decir, la tridimensión representada en un plano.



El cuerpo geométrico que predomina en la imagen es el hexaedro o cubo, un sólido platónico formado por seis cuadrados el cual Platón designó como símbolo de la tierra al ser un cuerpo fuerte; el otro elemento que aparece es el prisma rectangular, un poliedro formado

por caras, aristas y vértices aunque también se considera un paralelepípedo. Estos prismas funcionan como torres o muros de una casa; los cubos están acomodados de forma escalonada partiendo de los prismas donde surgen unas escaleras, y de donde desciende un personaje, al terminar de bajar los escalones, el hombrecito pierde volumen por la disminución de valores tonales hasta volverse solo una silueta romboide y fundirse en los cubos que se encuentran en la parte inferior de la imagen; estos hexaedros también fueron transformándose en el descenso en hexágonos debido al cambio de perímetro de las tres caras frontales de los cubos que están referenciados como la cara iluminada, penumbra y sombra propia respectivamente por la iluminación natural. Este perímetro tomó la forma de la silueta del mozo quedando como un motivo en positivo (blanco) y el fondo en negativo (negro) culminando en la utilización del camuflaje o figura-fondo. En una descripción general esta obra inicia en la parte superior con el manejo de la tridimensión y culmina en la utilización de la geometría plana con una red bidimensional.

ESQUEMA GEOMÉTRICO

La representación del espacio en un plano consiste en la sugerencia de volumen que en realidad no es un cuerpo físico; la geometría descriptiva se encarga de proyectar cuerpos en el espacio llamados poliedros, los cuales surgen de los polígonos, por lo que la transición de una forma plana hacia una volumétrica compartiendo el mismo plano es posible ya que una genera la otra.

Recordemos que existen tres sistemas de proyección:

- Proyección cilíndrica oblicua
- Proyección cilíndrica ortogonal
- Proyección cónica

De estas tres, partimos en nuestro análisis del sistema cilíndrico-ortogonal, aquel en que las proyectantes son paralelas entre sí y perpendiculares al plano de proyección. Para ubicar a los cuerpos en el espacio es necesario auxiliarse de una monea donde se establece un eje para cada una de las tres dimensiones: eje Z= altura, eje X= anchura y eje Y= profundidad. Se dibujan las tres vistas planas del objeto correspondientes a la vista superior ó de planta, vista frontal y vista lateral (consultar el capítulo 1); posteriormente, hay que reunir estas tres dimensiones para el alzado del objeto, donde recurrimos a la Axonometría.

El término Axonometría deriva etimológicamente del griego (*axson*) eje y (*metron*) medida: *sobre los ejes*; la axonometría es una forma convencional de proyección cilíndrica monoplanar, ya sea ortogonal u oblicua. Su objetivo es representar el aspecto tridimensional de los objetos en el espacio; para lograr esto se vale de tres diferentes proyecciones que son:

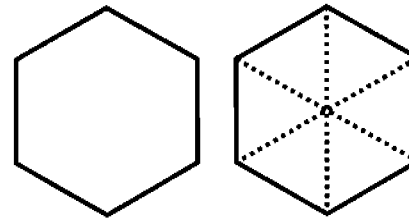
1. Caballera: su inclinación es de 90 y 45 grados y sus proporciones son: altura 1:1, anchura 1:1 y profundidad 1:1/2
2. Militar: su inclinación es de 45 y 45 grados y sus proporciones son: altura 1:1/2, anchura: 1:1 y profundidad: 1:1
3. Isométrica: su inclinación es de 30 y 30 grados ó 120 grados y sus proporciones son: altura 1:1, anchura 1:1 y profundidad 1:1

A su vez la isometría se subdivide en:

1. Dimétrica
2. Trimétrica

De estas proyecciones, la Isometría corresponde al desarrollo de *Ciclo*, ya que en la monea las vistas de

los cubos son tres cuadrados perfectos y al momento de levantar su altura en la proyección isométrica obtenemos al cubo; de igual manera, los prismas y las escaleras de donde surge el mozo se determinan con el mismo procedimiento (ver los gráficos). La unión de los hexaedros con la red hexagonal se logra con la misma proyección; lo que se modifica es la calidad de representación por medio de contrastes; si se observa detenidamente, un hexágono dibujado con sus transparencias y con la unión de sus vértices se percibirá como un cubo:



De este modo, el cambio de forma tridimensional hacia la forma plana se logra con recursos geométricos y el uso de la percepción en la ilusión del espacio.

ESQUEMA FORMAL

La transformación de los cubos escalonados en polígonos de seis lados es una operación simétrica por cambio de perímetro; y la transición formal se debe a la pregnancia y la topología, definiéndolos como medios de transformación y no deformación, conceptos explicados con anterioridad que pueden observarse en la modificación progresiva que refuerza la función de la geometría descriptiva junto con los fenómenos perceptuales representados en la parte inferior de la imagen donde se combinan los elementos geométricos y los figurativos que surgen de la silueta del mozo

se obtiene la fusión de contornos en tres tonos que son blanco, gris y negro tejiendo una red que da por resultado final el manejo de figura-fondo.

Este precepto se distingue por el contraste. Es un recurso constante en la obra de Escher y se caracteriza por intercalar a la figura con el fondo o campo. De esta manera no se aprecia qué se encuentra en primer plano y qué elemento está atrás: ambos llaman la atención al mismo tiempo; es decir, se mimetizan y forman una unidad. Quitar una pieza de este "rompecabezas" terminaría con la secuencia isométrica y de camuflaje que se amalgaman en un mosaico con evolvente perceptualmente geométrica y visiblemente orgánica a la vez.

En lo que respecta a las siluetas de figura y fondo, estos perfiles llevan una secuencia en su acomodo; si los analizamos aisladamente por hileras de tonos veremos una traslación de cada motivo. Por otro lado, si tomamos un conjunto de tres figuras (una de cada tono) detectaremos un giro en las tres, ya que no se encuentran en la misma posición entre ellas pero sí tienen un punto de encuentro en común. Este movimiento con respecto a un mismo eje se llama rotación. Estos términos corresponden a las operaciones de yuxtaposición simétrica:

- Traslación: Es la repetición de una forma a lo largo de una línea.
- Rotación: La forma gira alrededor de un eje que puede estar adentro o fuera de la misma forma.

En el caso del movimiento de traslación éste se da en línea recta por cada tono y en la rotación se ve el giro en tres pasos que involucra tres siluetas.

ESQUEMA CONCEPTUAL.

En este caso, el infinito no es presentado como sustento conceptual de la obra, ya que la secuencia del mozo y la transformación no es una continuidad definida; sin embargo, es el espacio desde el punto de vista geométrico, formal y perceptual el que se manifiesta en toda la imagen. En el primer aspecto, por la referencia de la geometría descriptiva y las tres dimensiones que representan formas en el espacio desde el punto de vista de ubicación, posición y magnitudes, incluso la ubicación del observador con respecto del objeto. En lo formal, por los cuerpos geométricos y culturales delimitados por aristas y caras donde cada elemento ocupa un lugar y no invade el espacio; y lo perceptual por la sensación de profundidad y volumen dando la ilusión de un mundo tridimensional como lo conocemos pero que al palparlo solo sentimos un plano liso, efecto logrado por el manejo de luz y sombra que al igual que la geometría descriptiva, representa tres dimensiones en dos.

Si recurrimos a la postura de Aristóteles ("*El espacio y el infinito en la modernidad*")¹ se reafirma que en esta imagen no se involucra al infinito, ya que el espacio es sinónimo de límites y esto nos lleva a lo finito, al espacio acotado. De hecho, en otras imágenes el formato no es impedimento para imaginar la continuación de un ciclo, pero aquí el formato sí está limitado por un borde rectangular y la secuencia de las formas no disminuyen o acrecentan su tamaño, por lo que el infinito es desechado.

En cuestión de figura-fondo, el espacio se manifiesta en varios planos, y éstos a su vez se consideran como espacio vacío si la figura es blanca, y espacio ocupado si es negra. La sensación de espacio por el manejo de

¹BENÍTEZ, Laura. *El espacio y el infinito en la modernidad*. Publicaciones Cruz S.A., México, 2000

contraste determina el volumen de las formas, en el caso de los cubos se ejemplifica muy bien. Este contraste da la impresión de lejanía: los objetos cercanos tienen los tonos más fuertes y los que se encuentran lejos son difusos y tienen tonos más claros.

Recordemos que la geometría descriptiva se considera la geometría del espacio y que a partir de los griegos la geometría fue pensada como la descripción del mismo. Se ha pensado que el universo está dotado de una racionalidad estructuralmente geométrica; por lo que este concepto está más que presente en *Ciclo* por marcar límites, por definir una profundidad, por establecer cuerpos dentro de un plano dándoles una altura, anchura y profundidad así como una lejanía y distribución ordenada sin perder la armonía entre partes.

Resumiendo:

ESQUEMA GEOMÉTRICO	ESQUEMA FORMAL	ESQUEMA CONCEPTUAL
Proyección ortogonal	Figura-fondo	Espacio
Axonometría	Traducción	
Redes	Rotación	

Cielo

Litografía, 1938, 47.5x27.9 cm

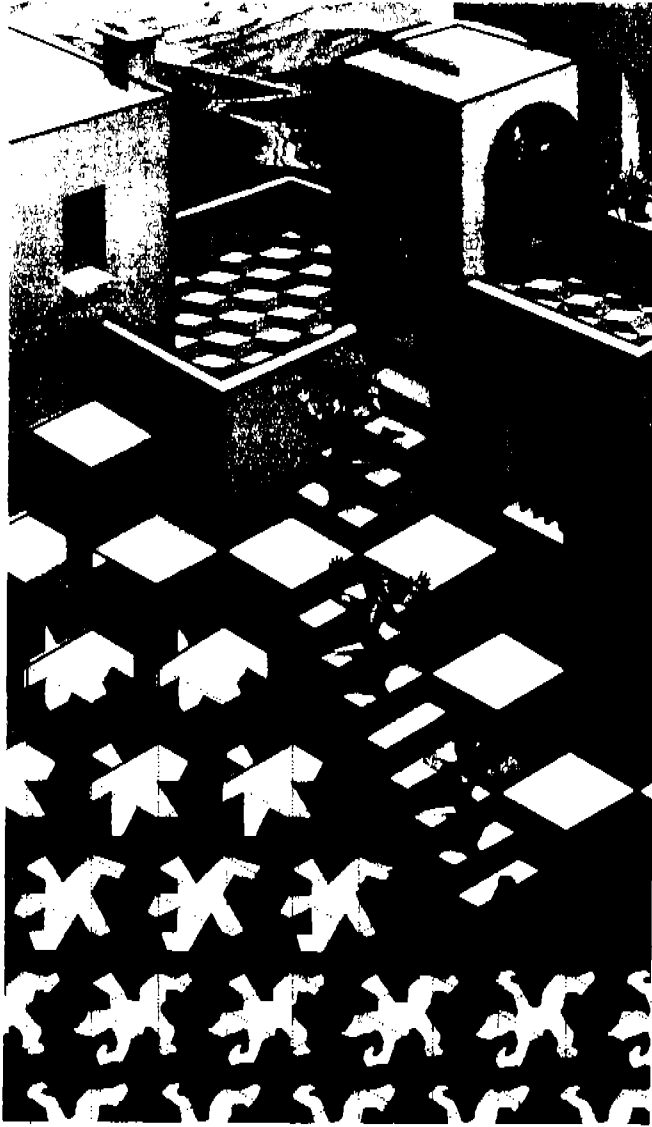
A. REDES: Formada por polígonos hexagonales formando cuerpos isomorfos.

B. FIGURA-FONDO: Los motivos de la parte inferior al manejarse en contraste brindan el camuflaje entre la figura y su campo fundiéndose en uno mismo.

C. TRASLACIÓN: Las siluetas del personaje se trasladan sobre un eje horizontal.

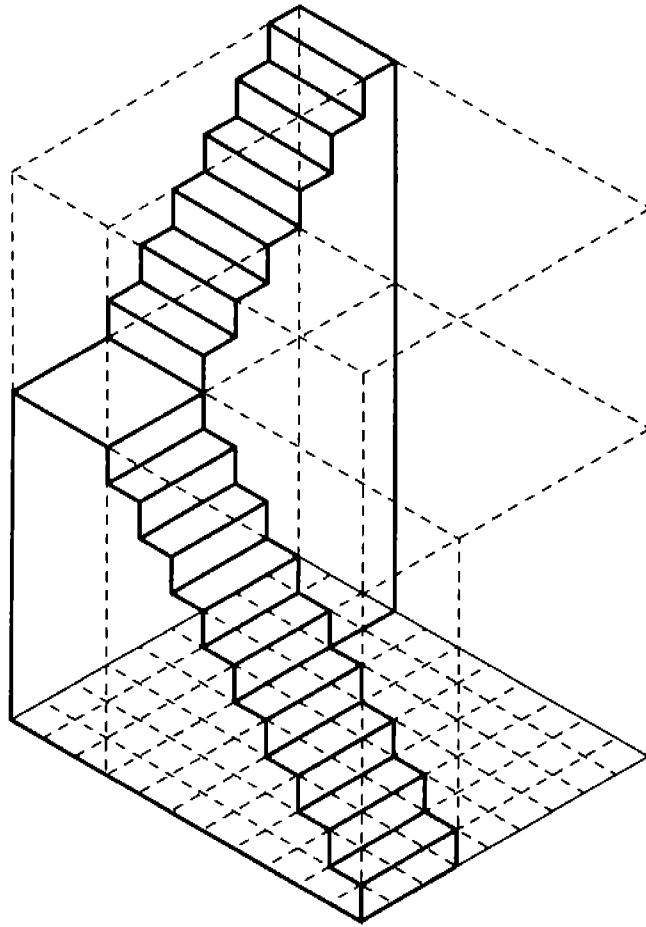
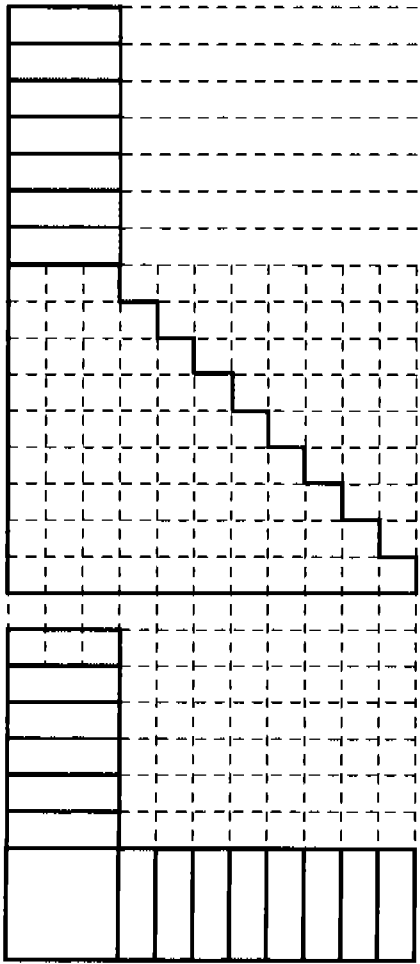
D. ROTACIÓN: Cada silueta: una blanca, gris y negra, rotan en un mismo punto conformando un grupo de tres formas que posteriormente se trasladan sobre su eje completando la red hexagonal.

E. ESPACIO: Geométrico por el manejo de las tres dimensiones; por valores tonales transforma los hexágonos en hexaedros y por la ubicación de estos cuerpos en el plano.

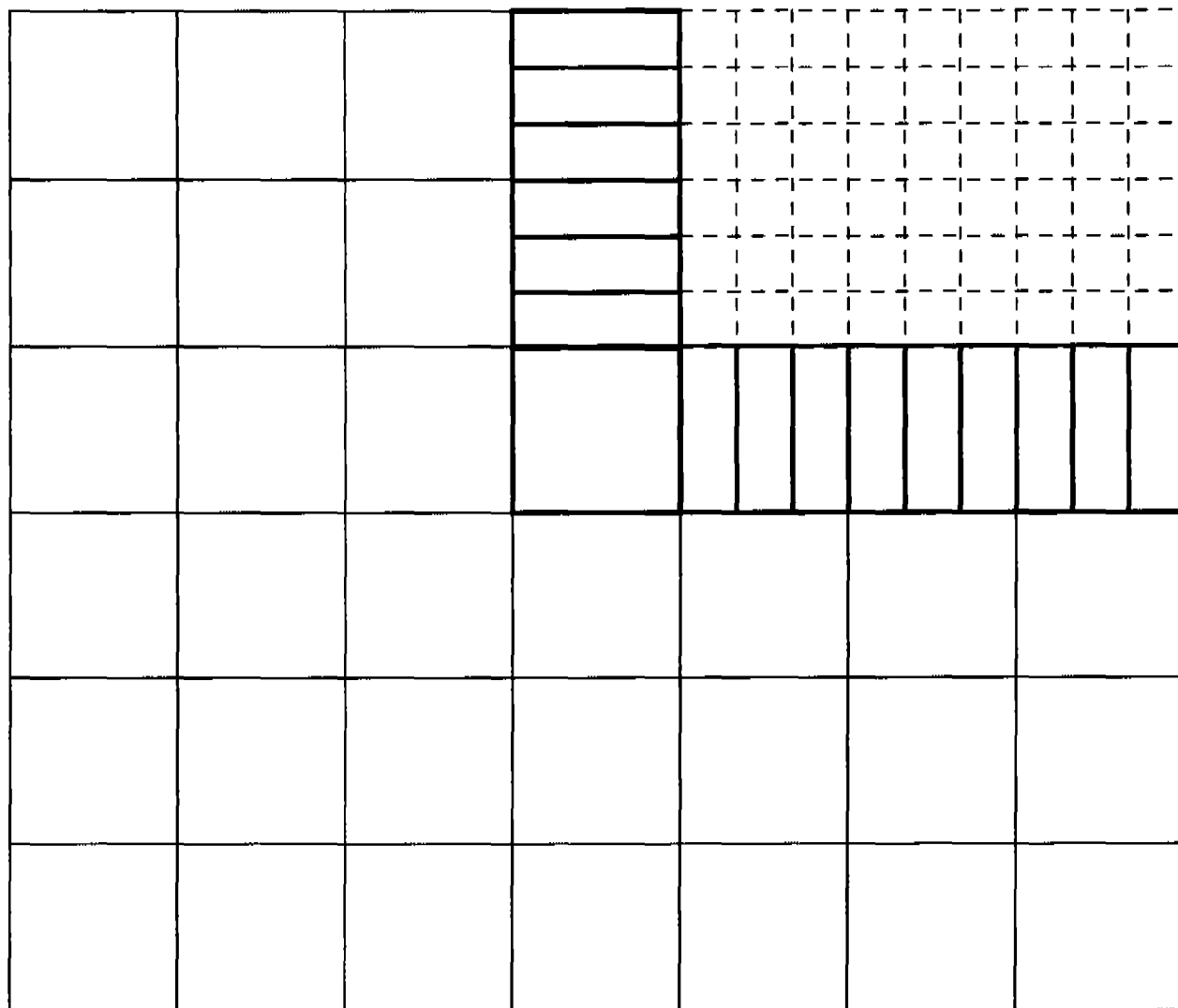


A. PROYECCIÓN ORTOGONAL: Cuando las líneas se proyectan perpendiculares al plano de proyección. En este caso se presenta la moneta de las escaleras de *Ciclo* y su resultado en un levantamiento ortogonal.

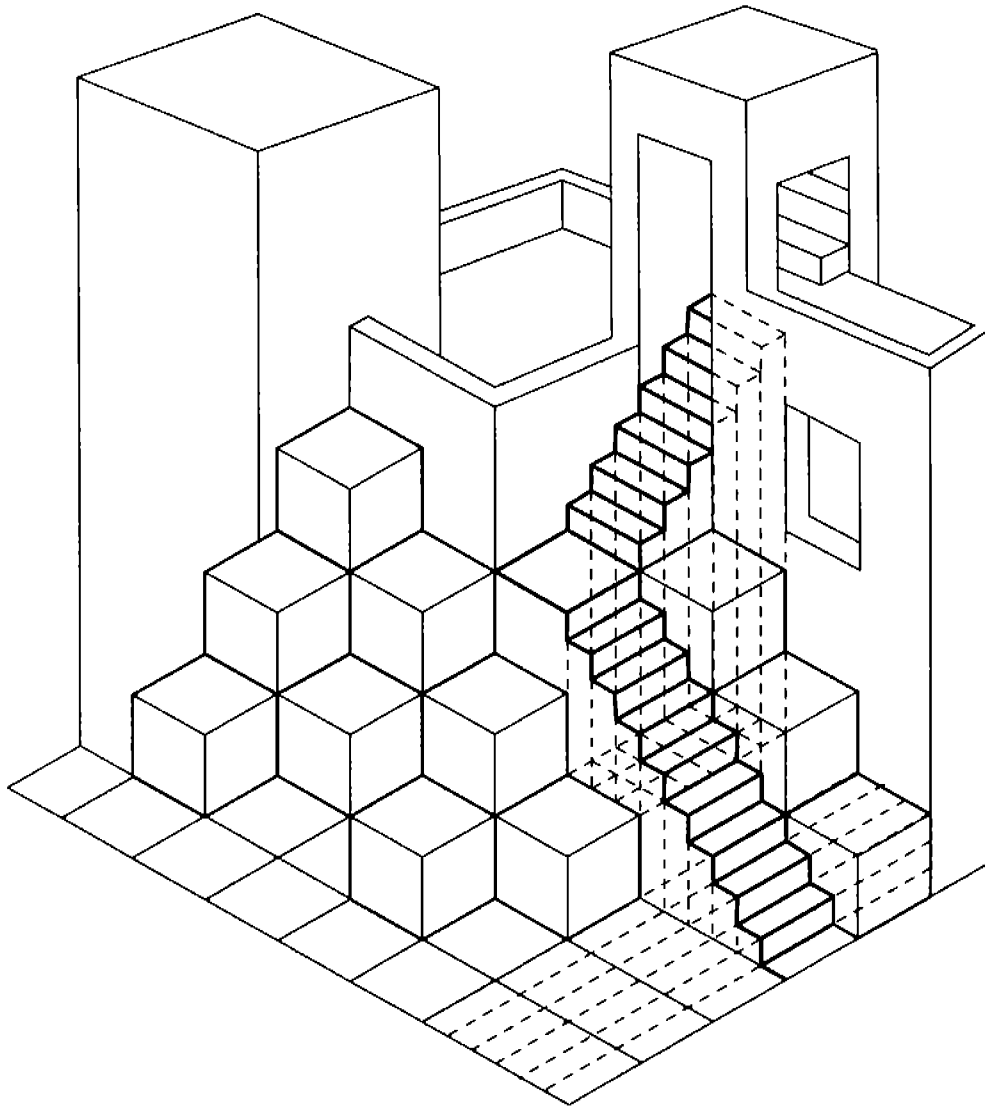
B. AXONOMETRÍA: Una de las modalidades de la proyección axonométrica es el Isométrico o Isometría donde las proporciones son 1:1 en referencia a la moneta. Aquí se representó en isométrico las escaleras con las mismas medidas proporcionadas por nuestras vistas de planta y frontal partiendo de una base de 30 y 30 grados.



A. PROYECCIÓN ORTOGONAL: Montea monoplanar que muestra la vista superior o de planta de toda la imagen de *Ciclo*. De esta vista se obtiene la información de anchura y profundidad.

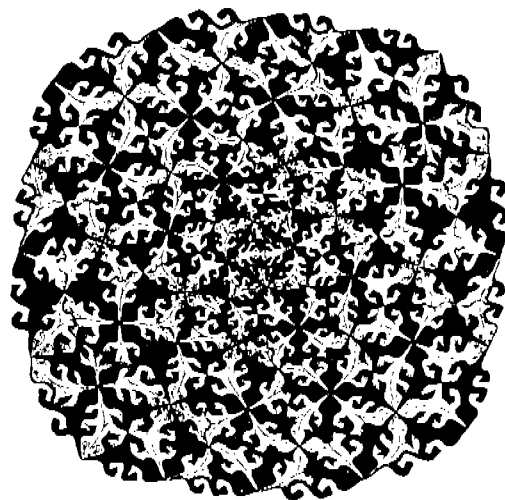


A. AXONOMETRÍA: Proyección isométrica correspondiente a la vista de planta anterior. Se observa la estructura de las formas que integran a la imagen y como la isometría hace coincidir los puntos vértices de la red hexagonal para retomar ciertas aristas y obtener los hexaedros buscados.



4.4. División

Obra realizada en 1956 en la técnica de grabado en madera. Es apreciada en blanco y negro determinada por un formato que puede percibirse como cuadrado, pero con los vértices redondos, ya que no representa una superficie circular en su totalidad. Establece su contenido por medio de la partición regular de la superficie derivando en formas orgánicas reconocidas como reptiles, que al manipularse alternadamente la presencia de valores positivos y negativos conforman el fenómeno de figura-fondo.



La disposición de los reptiles en el plano sugiere un movimiento rotativo en torno al punto central de la imagen; de igual manera se acentúa por manifestarse la disminución de tamaño de los elementos hacia el cen-

tro y el cambio progresivo de dimensiones conforme se alejan del mismo, concluyendo en los reptiles mas grandes al final del proceso y delimitando así mismo a la obra. Este cambio de tamaños permite dar lectura a la imagen de manera concéntrica o excéntrica; ya que la rotación no obedece al orden de las manecillas del reloj. La continuidad en la interpretación de los elementos deriva en un ciclo estructural, de movimiento y principalmente en la secuencia constructiva de formas insinuando el infinito por medio de la división.

Se dificulta la apreciación de una estructura poligonal que sustente a las figuras de los reptiles, ya que la presencia de la línea recta sólo se aprecia en pequeños segmentos que permiten localizar los puntos de encuentro de cuatro reptiles por medio de sus cabezas en blanco y negro alternadamente; mejor dicho, la línea curva es constante en la dirección que toman las figuras determinando una continuidad que va a través de toda la imagen por medio de cambios circulares que marcan un camino sinuoso, a diferencia de la línea recta que brindaría cambios más "bruscos" e interrumpidos dentro de una secuencia de movimiento. De esta manera, por la ausencia de percepción de la línea recta se determina que esta obra pertenece a la geometría no euclidiana.

ESQUEMA GEOMÉTRICO

Se clasifica a *División* bajo los parámetros de la Geometría no Euclidiana por establecer la sustentación de la forma en una estructura curva; puede resultar contradictorio esta afirmación, ya que se trata de una imagen plana, bidimensional y al no presentar volumen alguno podría pensarse que clasificarla en la geometría plana es lo mas atinado, pero resulta engañosa esta posibilidad considerando que la partición de la superficie

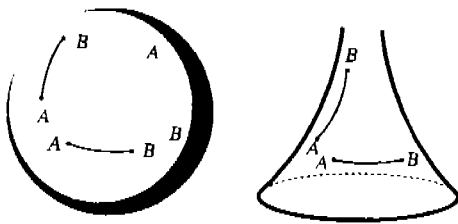
se origina de curvas y no de rectas. Entender la negación de los principios establecidos por Euclides no es fácil, ya que no solo rompe con las enseñanzas de la representación de objetos dentro de un plano sino que, al considerar que vivimos en un mundo esférico y no plano, ¿por qué entonces no representamos de igual manera lo que nos rodea? En el capítulo I mencionamos los antecedentes de la geometría no euclidiana así como los estudiosos que dedicaron su esfuerzo por esclarecer las dudas y reafirmar sus creencias acerca de esta nueva rama de la geometría. Pero cómo está manifestada la geometría no euclidiana en la obra de Escher es lo que explicaremos en este apartado.

Así como en la geometría plana el camino más corto entre dos puntos lo establece una recta, en la no euclidiana el camino más corto entre dos puntos lo hace la llamada geodésica, por lo que nuestro objeto de estudio será la esfera.

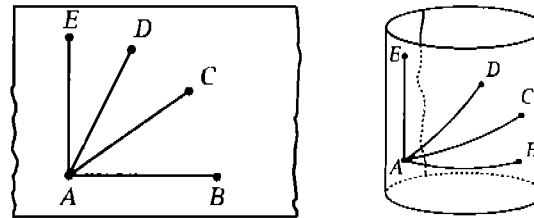
La geodésica es:

Geodésica: En la esfera, el camino más corto o geodésica, lo señala una línea tensa entre dos puntos. La forma de la geodésica cambia dependiendo de la ubicación de los puntos.

Las geodésicas de la esfera son llamadas círculos máximos y no circunferencias máximas⁴:



Recordemos que en la geometría no euclidiana lo que observamos es un segmento de línea curva (geodésica), pero para encontrar su ubicación sobre una superficie curva o convexa como los conos y cilindros es necesario partir del plano. Por ejemplo, la construcción de un cilindro como un modelo tridimensional consiste en obtener la superficie de papel que es de forma rectangular, y al unir los dos extremos del rectángulo obtendremos una superficie cerrada y curva que nos dará el cuerpo del cilindro. Si deshago la construcción cilíndrica separando los extremos y trazo sobre esta superficie la recta partiendo de dos puntos dados, al volver a pegar el cilindro obtendré las geodésicas buscadas:



Esta explicación nos encamina al análisis geométrico de la obra de Escher, y seguramente la duda que surge es: ¿cómo aparecen las geodésicas en la obra si está plasmada en un formato plano y no hay una superficie convexa? La respuesta es que sí hay geodésicas, pero no aparece el resultado tridimensional como en el caso del cilindro, sino que Escher plantea las geodésicas en desplegado; es decir, como en el caso anterior, solo vemos la superficie rectangular con el trazo de la recta.

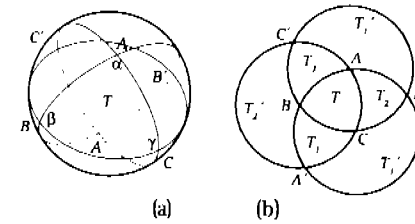
Sin embargo, sabemos que la geometría no euclidiana puede dividirse en hiperbólica y elíptica. Su diferencia radica esencialmente en que la suma de los ángulos

⁴RAMÍREZ GALARZA, Irene. *Invitación a las geometrías no euclidianas*. UNAM, México. 2003, p. 17

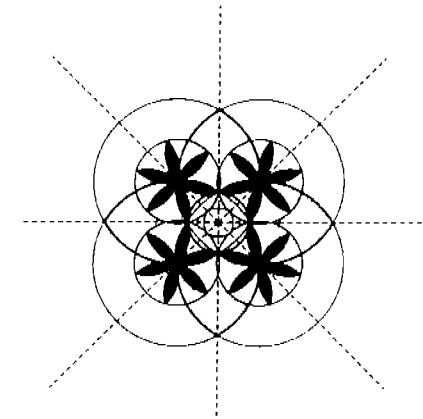
de un triángulo elíptico es mayor a 180 grados y del triángulo hiperbólico es menor a 180 grados; es decir:

- En el plano euclidiano las geodésicas son rectas, no hay curvaturas. Por lo tanto la suma de los ángulos de un triángulo euclidiano es 180 grados.
- En el caso de la esfera, las geodésicas son curvas, y si esa curvatura es positiva y constante la suma de los ángulos de un triángulo esférico excede 180 grados.
- En el caso de que las geodésicas sean constantes y negativas, lo cual ocurre en una superficie parecida a la de una trompeta (gráfico de la seudo esfera) la suma de los ángulos de un triángulo geodésico es menor a 180 grados.

De esta manera, al analizar la obra *División* obtenemos que el triángulo hiperbólico y elíptico son la base estructural de las formas. Recordemos que el principio no euclidiano de esta imagen no es una esfera como volumen, sino la representación plana de ella, como en el caso del cilindro donde se deshizo el cuerpo para localizar en la superficie las geodésicas; de igual forma, Escher presentó en desplegado los triángulos que conforman la esfera, que suman más de 180 y a la vez menos de 180 grados. Este fenómeno se da gracias a que se entrelazan las circunferencias produciendo curvas positivas y negativas:



La intersección de circunferencias parte de la estructura de polígonos estrellados hexagonales; al sustituir las puntas por curvas obtenemos triángulos elípticos al interior de las circunferencias y a la vez hiperbólicos debido a la intersección de circunferencias. Este tramado deriva por el principio de los arcos para la obtención de perpendiculares partiendo de cada segmento de curva que queda entre punta y punta respectivamente.



Se observa que esta estructura no euclidiana encierra mediante superficies triangulares curvas a los reptiles de la composición y a la vez genera el movimiento circular de sus cuerpos desde la cabeza hasta la cola, derivando en la rotación de toda la imagen. Al percibir los segmentos de línea curva a través de la imagen contemplamos una superficie esférica que se acentúa debido a la disminución de tamaños partiendo del polo (parte superior de una esfera), y conforme se acercan los elementos al ecuador (línea que divide a la mitad a la esfera) acrecentan sus dimensiones logrando así el resultado tridimensional de un mundo curvo, comprobando la existencia de la geometría no euclidiana en la obra de Escher.

ESQUEMA FORMAL.

En este apartado de la investigación presenciamos a la simetría como constante formal aplicando a la vez las operaciones de superposición simétrica para obtener la manipulación de los motivos y los supermódulos que integran la obra de Escher.

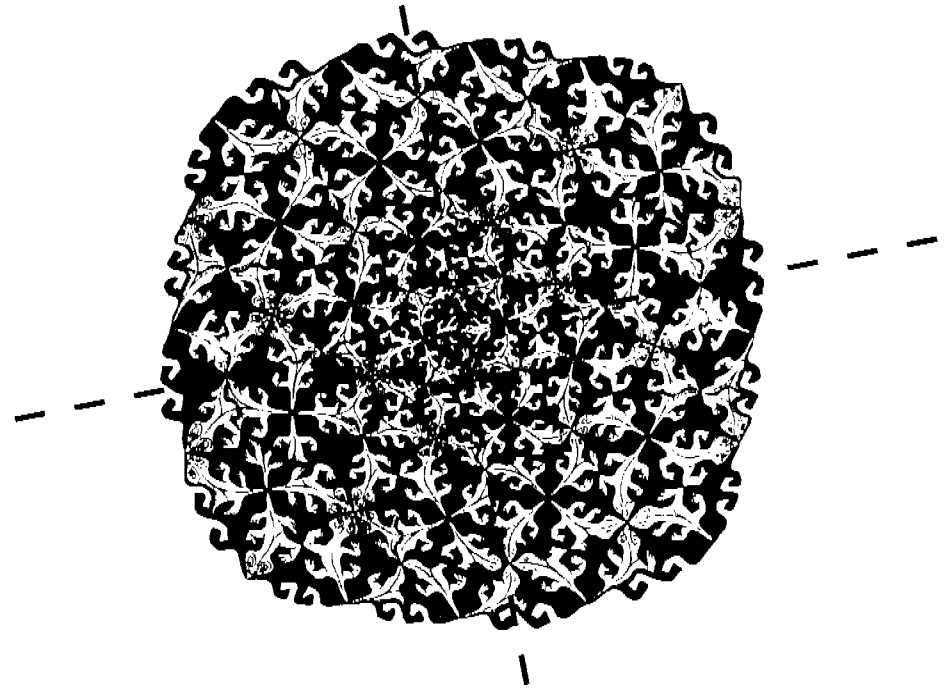
Simetría

En primera instancia, el cambio de tamaño de las figuras genera la sensación de curvatura en la superficie plana, pero a pesar del aumento o decremento de dimensiones no existe una distorsión, deformación o transición de una forma a otra, por lo que los cambios topológicos se descartan; más aún, al no presenciarse una distorsión de los motivos la presencia de la Homeometría es evidente en el desarrollo paulatino de los reptiles considerando que este tipo de simetría se caracteriza porque los motivos son semejantes entre sí y aumentan o se

repite en sucesión monótona modificando su tamaño, posición o situación con respecto al siguiente.

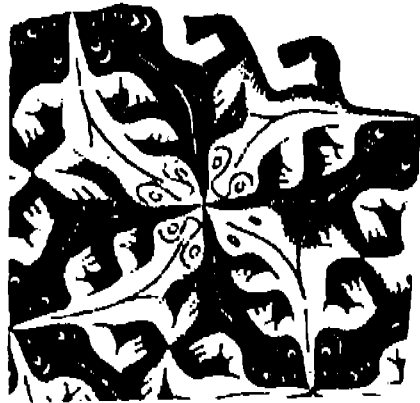
En lo que atañe a las operaciones simétricas, son palpables tres tipos: dos operaciones simples y otra compuesta.

a) La primera surge de la división por dos ejes perpendiculares que atraviesan toda la imagen obteniendo cuatro cuadrantes que se agrupan por pares; es decir, el cuadrante superior derecho corresponde en igualdad con el inferior izquierdo y de igual manera el cuadrante superior izquierdo concuerda con el extremo inferior derecho; esta relación se da por la operación de rotación donde la forma gira en torno a un eje. Al rotar los dos cuadrantes 180 grados, obtendremos la composición total que conforma a *División*.



b) La segunda operación simple puede interpretarse como extensión o dilatación en la ampliación de las formas que se extienden sin modificarse

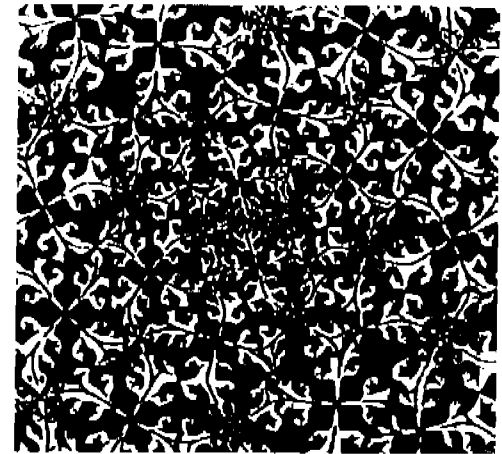
c) Por último, la operación compuesta está acoplada por una doble reflexión simultánea y la rotación de ese resultado. Si analizamos cada uno de los cuatro cuadrantes que mencionábamos, éstos a su vez están conformados por submódulos integrados por cuatro reptiles. Cada conjunto de cuatro lagartijas tiene un punto centro detectado por la reunión de sus cabezas y colas respectivamente que pueden apreciarse en positivo y negativo alternadamente. Si tomamos un reptil de este grupo se refleja especularmente al lado contrario y simultáneamente yuxtaponiéndose se vuelve a reflejar; este resultado de los reptiles reflejados rota sobre su eje central completando el conjunto de cuatro:



Al obtener la división geométrica de la imagen, se comprueba que existe un equilibrio en la partición y ubicación de zonas que proponen por cuadrante ciertas divisiones por medio de envolventes cuadradas y rectangulares que al llevar la síntesis de formas nos remiten al triángulo como forma básica. Con esto se logra su obtención por trazo de perpendiculares que rodean todo el formato y se muestran las superficies que encierran cada conjunto de elementos derivando a la vez en los ejes simétricos que permiten detectar la operación simétrica de rotación y reflexión.

Figura-Fondo

Otro aspecto a considerar en el esquema formal es la utilización de la figura-fondo, fenómeno que atañe a la percepción. Se observa en la obra *División* que los reptiles se intercalan por grupos de cuatro y cada conjunto está representado en blanco y negro respectivamente logrando un mosaico dinámico y continuo entrelazando elementos positivos y negativos que nos remiten al camuflaje entre formas.



Concluyendo, es persistente la presencia simétrica y perceptual en esta composición de aspectos similares y compartidos con las dos obras anteriores de Escher dejando claro que para realizar y sustentar una imagen no se necesita recurrir a tantos alardes de creatividad sino aplicar el conocimiento con estilo y sentido estético.

ESQUEMA CONCEPTUAL

El concepto de infinito aparece nuevamente en esta obra. Considerando que existe infinito en acto y en potencia cabe resaltar que en este caso hay un tercer aspecto que nos remite a él, el infinito por división geométrica.

Retomando la postura de los filósofos espiritualistas, quienes postulaban que por medio del pensamiento racional no puede demostrarse el infinito a menos que se recurra a un argumento científico (evocando en este caso a las matemáticas, donde geoméricamente se obtiene el infinito por medio de la división) la llamada divisibilidad indefinida es la que nos compete en este punto. La partición de la superficie sugiere la continuidad en el proceso de división bajo el razonamiento geométrico, dando pauta al desarrollo de formas sin ningún límite, excepto por los que marca el propio formato de la obra o la superficie del plano; por lo que el infinito en potencia delimita la secuencia que puede ser infinita, pero por las características de la imagen lo acota en un proceso finito. Esta división "infinita" se acrecenta por los cambios de tamaño de las figuras, estableciendo que al centro de la composición vienen reptiles de algún punto lejano y conforme se acercan al observador apreciamos su verdadera magnitud de modo que de continuar con la repetición de módulos, estos elementos aumentarían su dimensión rebasando los alcances de nuestro campo de visión y seguirían dividiéndose más y más hasta en-

contrarse con otro obstáculo que no sería precisamente el soporte de la obra. Un ejemplo muy parecido se da en los números naturales: si prolongamos la suma de ellos para obtener una nueva cifra cada vez que se repita la operación de adición, así como en la disposición de los elementos por una rotación en el orden de las manecillas del reloj o viceversa, puede darse que en lugar de adición se contemple la sustracción; es decir, el razonamiento en positivo (suma) o negativo (resta).

Sabemos que el infinito está íntimamente ligado al concepto de espacio y con mayor razón si consideramos el espacio no euclidiano planteando un universo curvo que no contemplan los parámetros de un espacio euclidiano, de los límites de un plano e inclusive de las formas bidimensionales.

Espacio

Este concepto se enlaza con el infinito en potencia y en acto. En la obra *División*, que sugiere la continuidad en la repetición de formas, el espacio es infinito potencial; tal vez la descripción de espacio en acto no suene tan descabellada considerando que sólo a la geometría se le designa como ciencia divina al aceptar el infinito por división de partes; pero estos puntos no son aislados dentro de este análisis. El espacio puede contemplarse desde el punto de vista perceptual y no solo visual. Recordemos que la sensación espacial puede darse por diversos factores de los cuales tres son los que se distinguen aquí:

1. El espacio por manejo de figura-fondo: Por la utilización de diversos planos que generan un espacio vacío y otro ocupado.

2. El espacio por pesos visuales: Ya que al utilizar diversos tamaños en las formas logramos un efecto de equilibrio y una profundidad en la disposición de los mismos.

3. El espacio por valores tonales: Además de acentuar figura-fondo, proporciona volumen en las formas y reafirma aún más la sensación de profundidad.

Ahora bien, aunque nuestra interpretación mental de las cosas se realiza en dos dimensiones, nuestra existencia ocurre en el espacio tridimensional. La tercera dimensión (el alejamiento y la profundidad) es un dato que se obtiene por la sensación visual de la distancia y los cambios de posición; lo que se acerca a nuestra vista se agranda y lo que se aleja disminuye su tamaño, por lo que resulta impreciso determinar estas variantes y se les atribuye un alejamiento aproximado, por que parten de un movimiento muscular del ojo que realiza ambas percepciones. De esta manera nos auxiliamos de los procedimientos geométricos para alcanzar con mayor exactitud una representación espacial que involucre a las tres dimensiones. Considerar el espacio dentro de la realidad ha conducido al dibujo esférico, íntimamente ligado a la geometría no euclidiana donde la esfera y su desarrollo son su principio fundamental; y, aunque sabemos que el espacio real no puede proyectarse sin sufrir una deformación y que generar un volumen sobre una superficie plana implica modificaciones, puede afirmarse que: aunque no conozcamos la imagen absoluta de lo que nos rodea, el manejo del espacio por medio de la geometría nos acerca a una imagen relativa; que en el caso de esta obra de Escher nos involucra en un mundo esférico que posiblemente sería lo más cercano a la realidad. Si no tenemos esa percepción es-

férica del espacio posiblemente se haya roto desde la infancia por la transmisión de conocimientos de la línea recta y no la curva, apelando solo a la imaginación para obtener una imagen que transgrediera los límites rectos de un cuadrado o del punto de vista de frente al objeto, cuando incluso podemos ver qué hay detrás de él.

De todas maneras, la representación y comprensión del espacio mantiene lejana la posibilidad de que se agote su permanencia, debate y aprehensión; el sentimiento espacial hace de cada individuo un ser creativo y lo acerca lo más posible a la comprensión de la realidad.

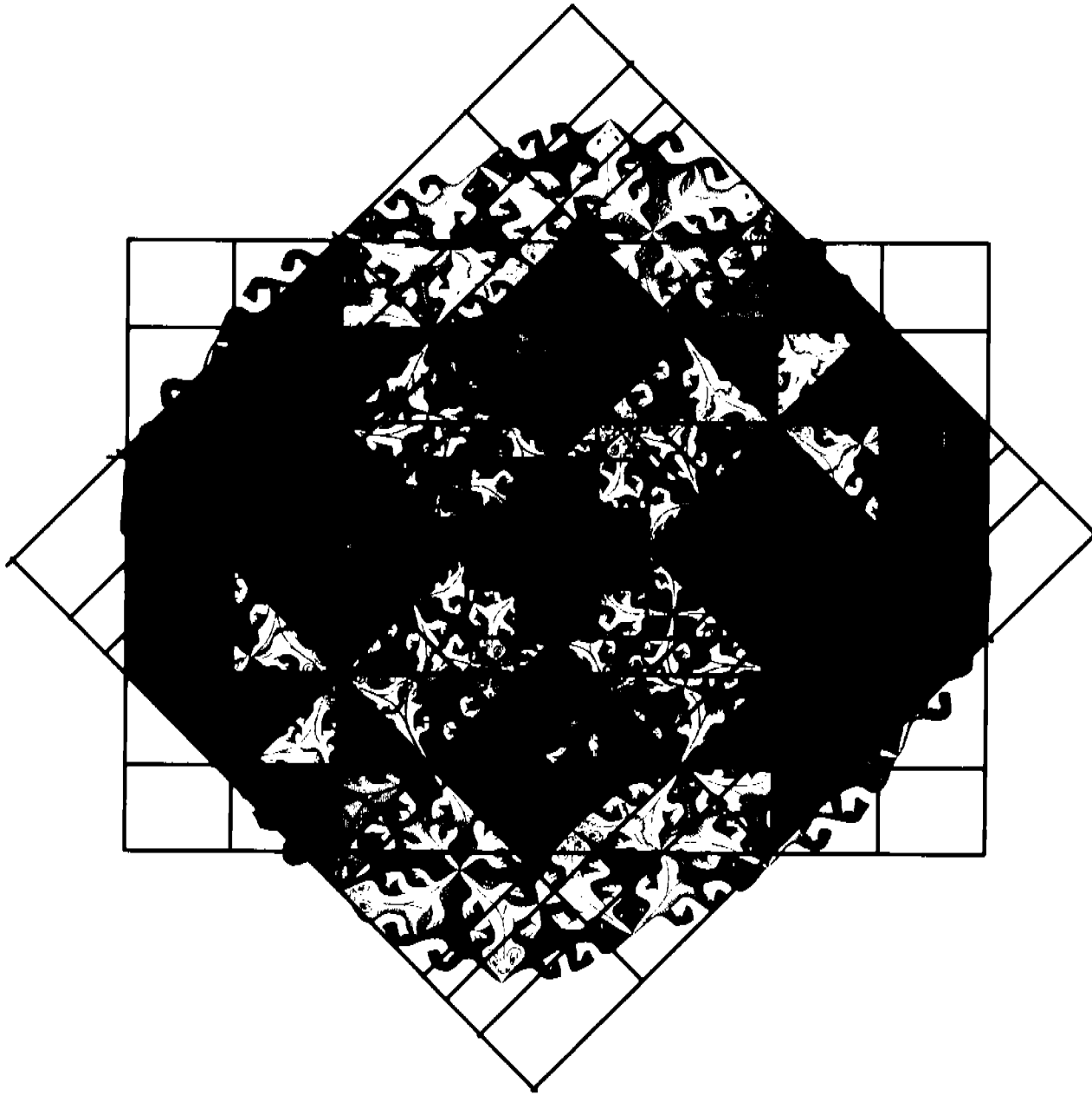
Resumiendo:

ESQUEMA GEOMÉTRICO	ESQUEMA FORMAL	ESQUEMA CONCEPTUAL
Ordenación	Homeomorfismo	Infinito
Triángulo elíptico	Rotación	Espacio
Triángulo isoperimétrico	Extensión	
	Reflexión	
	Figura-fondo	

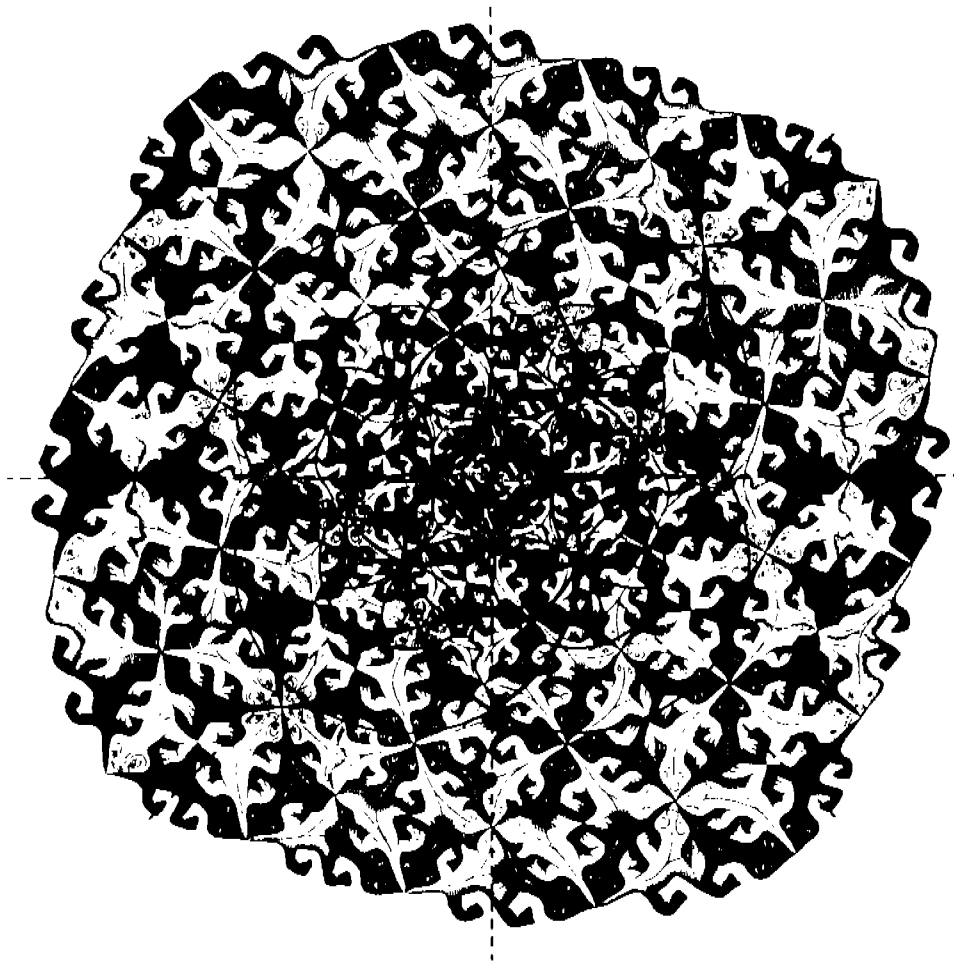
A. PARTICIÓN REGULAR DE LA SUPERFICIE: Se aprecia la segmentación del plano para la obtención de formas.

B. ROTACIÓN: La partición de la superficie es a partir de evolventes cuadradas y triangulares. Los colores representados por piezas permiten identificar el eje de simetría donde se equilibra el mismo número de elementos y la forma de los mismos en los cuatro segmentos en que se divide la imagen.

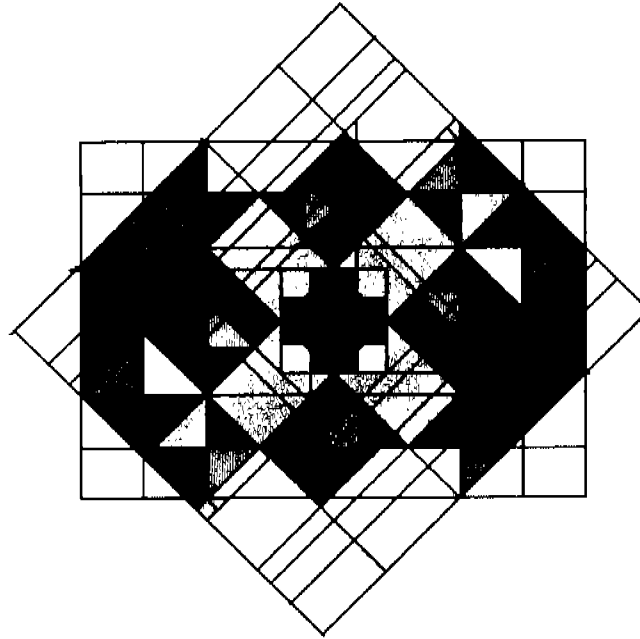
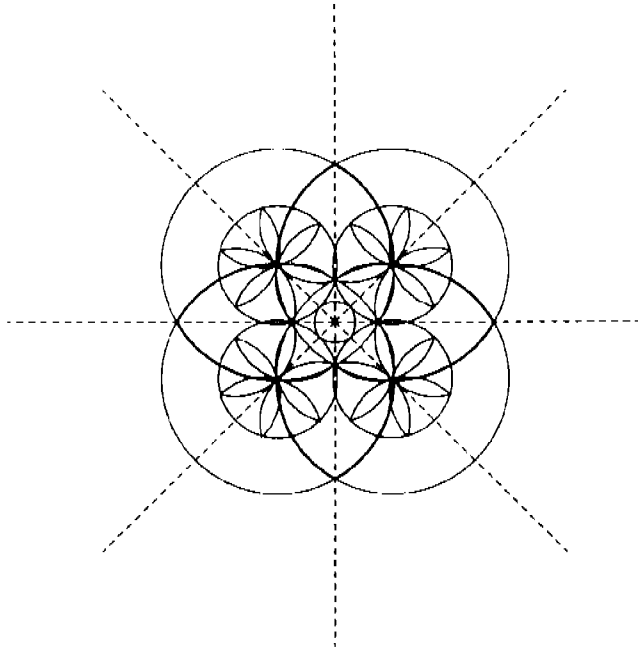
C. INFINITO: Por división geométrica



- A. GEODÉSICA: En esta imagen es una línea curva.
- B. TRIÁNGULO ELÍPTICO: Es la evolvente de los reptiles y es mayor a 180 grados, en este análisis se resuelve en desplegado.
- C. TRIÁNGULO HIPERBÓLICO: Estos triángulos se trazaron también en desplegado, son menores de 180 grados y están localizados al interior de los elípticos; se estructuran por medio de los mismos trazos de mediatriz.
- D. HOMOMETRÍA: Aumento de tamaño sin cambiar la forma
- E. EXTENSIÓN: Conforme se alejan del centro los reptiles van creciendo.
- F. REFLEXIÓN: Los reptiles se encuentran entre sí por las cabezas y su reflexión por yuxtaposición formando los módulos de cuatro figuras.
- G. ESPACIO: Por figura-fondo, por valores tonales y por pesos visuales.
- H. FIGURA-FONDO: El camuflaje es evidente al utilizar el contraste blanco y negro en todos los reptiles intercalando uno a uno.



a) En estos dos esquemas geométricos se aprecia solamente la configuración de los trazos en el análisis de la obra de Escher, en ambos ejemplos es claro que existe una interrelación entre elementos; por un lado (imagen de la izquierda) la utilización de curvas entrelazadas a partir del principio de la geodésica. En el segundo caso una red a partir de trazos perpendiculares entre sí y que delimitan cada una de las formas concebidas en cuanto tamaño y posición con respecto al plano.



CONCLUSIÓN

Lo relevante, en este caso, consiste en desligarse de la presentación de una nueva biografía de Escher; al contrario, si bien se retoman datos de él para establecer un antecedente del artista esto se contempla de una manera más personalizada y profunda tratando de llegar a un acercamiento de lo que pudo ser el pensamiento de Escher al momento de realizar cada una de sus obras pero siempre manteniendo el vínculo con la geometría como origen y sustento de cualquier imagen.

Demostrar la importancia de la geometría fue un objetivo constante en esta investigación, no solo en el proceso creativo como tenía contemplado al inicio sino que se abarcó un panorama geométrico desde varios puntos de vista explorando de manera particular cada tema a tratar. Se logró establecer el nexo entre conceptos visuales, estructurales y formales con aquellos derivados del pensamiento humano; por lo que los parámetros que contemplaba el conocimiento geométrico y sus aplicaciones se manifestaron en cada una de las obras de Escher a través de su análisis.

Los alcances que tiene esta tesis es presentar un documento que sirva de consulta para comprender a la geometría y como el adentrarse a sus principios facilita el camino para lograr una formación dentro del campo visual; considerando que la geometría se muestra generalmente a través de métodos y procesos de construcción elaborados e incluso complejos que proponen la descripción de pasos o instrucciones para su aprendizaje, pero no basados en sustento conceptual o teórico que explique más allá de la solución práctica de la misma.

Lo relevante, en este caso, consiste en desligarse de la presentación de una nueva biografía de Escher; al contrario, si bien se retoman datos de él para establecer un antecedente del artista esto se contempla de una manera más personalizada y profunda tratando de llegar a un acercamiento de lo que pudo ser el pensamiento de Escher al momento de realizar cada una de sus obras pero siempre manteniendo el vínculo con la geometría como origen y sustento de cualquier imagen; a su vez, las limitaciones que se dieron en este proceso consisten en que todo análisis surge de mi expe-

riencia estableciendo una hipótesis de lo que pudo ser el proceso de desarrollo de Escher argumento que confirmé y reafirmé al constatar que las trazas de las obras, si bien, no son completamente las posibles estructuras utilizadas por él, si se acercan a la sustentación de cada una de las formas recordando que las posibilidades de manipulación de la geometría son inmensas, sin embargo sólo se puede constatar el acierto con la presencia de el autor; más aún de que se descifró su estructura formal y conceptual partiendo de una obra ya elaborada por lo que se dificultó analizar el resultado explorando varios caminos hasta llegar al más aproximado y acertado; cuando este desarrollo debería ser al revés, deduciendo y contemplando diversas vías de solución partiendo del origen compositivo y formal. Las dificultades encontradas en esta investigación fue la poca información teórica acerca de la geometría incluso de los procedimientos geométricos porque la mayoría de la información esta relacionada con el campo de conocimiento arquitectónico y con métodos específicos; se tuvo que explorar áreas aparentemente con poca relevancia con la geometría y buscar exhaustivamente por no tener a la mano documentos especializados o con un campo semántico no tan rebuscado, por lo que considero relevante obtener un material de apoyo que ofrezca un esbozo general particularizando los alcances geométricos con un lenguaje común a nuestra área gráfica y disciplinas afines a nosotros que no aleje a quien consulte su contenido ejemplificando alguna de sus vertientes prácticas con Escher.

Las nuevas áreas de investigación que se abren no solo competen al desarrollo geométrico, vincular los conocimientos hacia una apertura e inclu-

so una invitación a no desligar las disciplinas que competen al estudio humano y científico podrían acercar de una manera más sensible a la práctica de conocimientos hasta ahora rehuidos por presentar un panorama que parece ser del dominio de unos cuantos y que conocer su contenido parece una tarea tortuosa; empezar a manifestar relaciones tangibles con la geometría sigue siendo el objetivo a alcanzar para que siga siendo un lenguaje universal; es decir, que cualquiera que lo hable se haga entender.

GLOSARIO

AXONOMETRÍA: Deriva del griego (*axson*) eje y (*metron*) medida: *sobre los ejes*; la axonometría es una forma convencional de proyección cilíndrica monoplanar, ya sea ortogonal u oblicua.

BIDIMENSIONAL: Dos dimensiones: largo y ancho.

ESPACIO: Desde el punto de vista psicológico, es considerado como objeto de la percepción. Desde el punto de vista geométrico, el espacio es considerado como *el lugar de las dimensiones* como algo continuo e ilimitado.// Física: Se relaciona íntimamente a la materia y el tiempo.

ESPIRAL: Curva plana engendrada por un punto que gira alrededor de otro, de manera que la distancia entre ambos varía según una determinada ley.

FIGURA-FONDO: Cuando a la forma se le percibe como ocupante de un espacio la llamamos forma "positiva". Cuando se le percibe como un espacio en blanco, rodeado por un espacio ocupado, la llamamos forma "negativa".// Ley de la psicología de la Forma. Según ley, toda superficie rodeada tiende a convertirse en figura, en tanto que la restante actuará como fondo.

FORMA: Apariencia, configuración, estructura, organización que reciben las impresiones sensoriales en la percepción. Relación de las partes con el total.// La forma se refiere a las características estructurales de los objetos sin tener en cuenta su orientación ni ubicación en el espacio.

GEODÉSICA: En la esfera, el camino más corto o geodésica. Lo señala una línea tensa entre dos puntos. La forma de

la geodésica cambia dependiendo de la ubicación de los puntos. Las geodésicas de la esfera son llamadas círculos máximos y no circunferencias máximas.

GEOMETRÍA DESCRIPTIVA: Es la parte de la geometría cuyo objetivo es representar los cuerpos mediante proyecciones planas, con las cuales se ejecutan construcciones para diversos fines.

GEOMETRÍA NO EUCLIDIANA: Rama de la geometría que niega la existencia de la línea recta, postulando en su lugar la línea curva.

GEOMETRÍA PLANA: Es aquella parte de la geometría que se ocupa del estudio de las figuras situadas en un plano.

HOMEOMETRÍA: Tipo de simetría donde los motivos, semejantes entre sí, se repiten en sucesión monótona con un cambio progresivo de tamaño.

INFINITO: Significa algo negativo: la ausencia de fin y de término. Lo infinito fue por mucho tiempo para los griegos lo imperfecto y se oponía a la perfección de lo que puede ser abarcado y delimitado.

LÍNEA: La línea geométrica es un ente invisible. Es la traza que deja el punto al moverse y es por lo tanto su producto. Surge del movimiento, al destruirse el reposo total del punto.

METAMORFOSIS: Modificación de una cosa en otra. Conjunto de transformaciones experimentadas por un organismo a lo largo de su desarrollo.

OPERACIONES DE SUPERPOSICIÓN:

a) Identidad. Consiste en la superposición de una forma sobre sí misma.

b) Traslación. Es la repetición de una forma a lo largo de una línea recta o curva.

c) Rotación. La forma gira en torno a un eje.

d) Reflexión. Llamada simetría bilateral, está compuesta por formas iguales a igual distancia a ambos lados de un eje. Se da una simetría de espejo.

e) Extensión. También conocida como dilatación, es una ampliación de la forma.

PARALELEPÍPEDO: Un poliedro en forma de caja. Tiene seis caras, iguales dos a dos y paralelas, como todos los poliedros tiene caras, vértices y aristas; el más común es el rectangular.

PERCEPCIÓN: Se define la percepción como la interpretación significativa de las sensaciones como representantes de los objetos externos; la percepción es el conocimiento aparente de "*lo que está ahí afuera*".

PERSPECTIVA: Arte de representar en un plano los objetos del espacio, de tal manera que su aspecto sea semejante al que presentan vistos al natural. El término perspectiva, deriva del verbo latino *perspicere*, que significa *ver a través de*.

PERSPECTIVA CURVILÍNEA: Es una representación esférica de la naturaleza sobre una superficie plana derivada de la sensación circular de nuestros sentidos. La perspectiva curvilínea permite establecer no sólo los alejamientos hacia el fondo, sino los volúmenes espaciales laterales.

PIRÁMIDE: Poliedro formado por triángulos y generalmente una base cuadrada, con un punto vértice superior.

PLANO: Tiene dos dimensiones. La línea al desplazarse conforma al plano. Conceptualmente el plano carece de profundidad y solo tiene ancho y largo.

POLÍGONO: Plano limitado por segmentos rectilíneos, cada uno de éstos es un lado y el punto en común a cada uno un vértice del polígono. Es un polígono regular aquel que sus lados y ángulos son iguales.

POLIEDRO: (*Polis*, mucho; y *edra*, cara) Reciben este nombre de poliedro los cuerpos geométricos limitados por polígonos planos.

PREGNANCIA: Es una transformación progresiva que se logra a partir de un primer elemento, para llegar a formar un segundo elemento diferente. La palabra *pregnancia* se deriva del término *impregnar*, proveniente del latín *impregnare* que significa introducir entre las moléculas de un cuerpo las de otro en cantidad perceptible sin combinación.

PRISMA: Es un poliedro limitado por dos polígonos iguales, de lados respectivamente paralelos.

PUNTO: Conceptualmente, el punto carece de longitud, anchura y profundidad, por consiguiente es estático, central y no direccional. Según Kandinsky, es el elemento plástico básico.

SIMETRÍA: Del griego *sy' mmetros*, mensurado, adecuado, proporcionado, de proporción apropiada.

La simetría está dada por la relación (*bella*) de una parte con otra y de las partes con todo. Su expresión manifiesta se encuentra en la repartición regular de motivos y circunstancias similares o iguales, parecidas o afines.

SIMETRÍA ISOMÉTRICA: Cuando los motivos no son distinguibles entre sí y su disposición se repite uniformemente.

SIMETRÍA HOMEOMÉTRICA: Cuando los motivos son semejantes entre sí y aumentan o se repiten en sucesión monótona.

SIMETRÍA CATAMÉTRICA: Los motivos no tienen igual forma y tamaño, pero están vinculados.

SIMETRÍA AMÉTRICA: (Ametría). Cuando los motivos no son de ningún modo iguales, parecidos o afines, ni están relacionados entre sí, no hay simetría.

SINGENOMETRÍA: Deriva de *singenésico*, que proviene del griego *sin prefijo*: con, unión, junto a; y *genésico* proveniente del latín *génesis*: generación, origen, producción o nacimiento. Deduciendo por tanto Singenometría es de medida o modelo originado a partir de, o junto a. De tal manera que son singenométricos los motivos de un sistema o simetría original que van sufriendo una transformación progresiva a partir de una forma original.

TOPOLOGÍA: Estudia las propiedades de una forma que se mantienen inalteradas cuando la forma cambia. Dada una forma, la topología lo permite todo, con tal de que su forma conserve, por así decirlo, su naturaleza esencial.

TRIÁNGULO ELÍPTICO: Aquel que a suma de sus ángulos es mayor a 180 grados.

TRIÁNGULO HIPERBÓLICO: Aquel cuya suma de sus ángulos es menor a 180 grados.

TRIDIMENSIONAL: Tres dimensiones: ancho, largo, profundo.

TRONCO: Parte truncada de una pirámide o un cono.

BIBLIOGRAFÍA

- ALICART, Federico. *Geometría del espacio*. Barcelona, Labor S.A. 1927, 114 pp.
- BALMORI, Santos. *Áurea Mesura. La composición en las Artes Plásticas*. UNAM, México, 1997, 189 pp.
- BARRE, Andre. *La Perspectiva Curvilínea*. Paidós Estética, Barcelona, 1985, 179 pp.
- BENÍTEZ, Laura. *El espacio y el infinito en la modernidad*. Publicaciones Cruz S.A. México, 2000, 190 pp.
- BERGAMINI, David. *Matemáticas*. Multicolor S.A. México, 1968, 200 pp.
- BOSSAGLIA, Rossana. *El impresionismo y los inicios de la pintura moderna*. Planeta, Barcelona, 1988, 60 pp.
- CARREÓN Zamora, Enrique. *Vocabulario de Dibujo*. UNAM, México, 1988, 27 pp.
- COHEN, Jozef. *Sensación y percepción visuales*. Trillas, México, 1973, 98 pp.
- Correo del Maestro. Uribe y Ferrán Editores S.A. de C.V. México, Revista Mensual, Año 3, núm. 26, julio 1988, 58 pp.
- CHING, Francis. *Arquitectura, forma, espacio y orden*. Gustavo Gili, México, 1998, 398 pp.
- BOSQUE Araujo, José del. *El Surrealismo de M.C. Escher*. México, 1991, 111 pp.
- DOCZI, Gyorgy. *El poder de los límites*. Shambala Publications, Argentina, 1996, 146 pp.

- El Geometrismo Mexicano*. UNAM, México, 1977, 179 pp.
- Enciclopedia de la Psicología y la Pedagogía*. SEDMAY-LIDIS, París, 1978, 142 pp.
- En Síntesis*. UAM, México, 1999, Año 10, núm. 28, 62 pp.
- Enciclopedia Universal Ilustrada*. Vol. 15, Espasa-Calpe, Madrid, 1973
- Enciclopedia Universal Ilustrada*. Vol. 18, Espasa-Calpe, Madrid, 1973
- Enciclopedia Universal Ilustrada*. Vol. 25, Espasa-Calpe, Madrid, 1973
- ERNEST, Bruno. *El espejo mágico de M.C. Escher*. EVERGREEN, Singapur, 1994, 112 pp.
- ESCALERA Bourillón, Jeannette. Tesis *El Logos estético*. UNAM, México, 1989
- FERRATER Mora, José. *Diccionario de Filosofía*. Alianza Editora S.A. Madrid, 1979, 3589 pp.
- FORGUS, Ronald A. *Percepción*. Trillas, New York, 1972
- FRÉCHET, Maurice. *Introducción a la Topología Combinatoria*. EUDEBA, Argentina, 1959, 62 pp.
- GERSTNER, Karl. *Las formas del color*. Hermann Blumme, Madrid, 1988, 179 pp.
- GILLIAM Scott, Robert. *Fundamentos del Diseño*. Limusa, México, 1992, 195 pp.
- Gran Diccionario Enciclopédico Ilustrado*. Barcelona, Grijalbo, 1998
- GOLDSTEIN, Bruce. *Sensación y Percepción*. Debate, Estados Unidos, 1988
- GOMBRICII, E.H. *El sentido del orden*. Debate, Madrid, 1999, 412 pp.
- HOFSTADIER, Douglas. *Godel, Esther, Bach*. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. México, 1982, 915 pp.
- KANDINSKY, Wassily. *Punto y línea sobre plano*. Labor S.A. Barcelona, 1993, 160 pp.
- LOCIER, J. L. *M.C. Escher. His life and complete graphic work*. Abradale Press, Amsterdam, 1992, 349 pp.
- MURADÁS Alfredo, Lorenzo. *Manual de Perspectiva Medida*. Universidad Iberoamericana, México, 1994, 60 pp.
- RAMÍREZ Galarza, Ana Irene. *Invitación a las geometrías no euclidianas*. UNAM, México, 2003, 156 pp.
- Real Academia Española. *Diccionario de la Lengua Española*. Madrid, 1984
- SANTALÓ, Luis A. *Geometrías no euclidianas*. Universidad de Buenos Aires, Argentina, 1961, 64 pp.
- SERRANO, Luis G. *Una nueva perspectiva: La Perspectiva Curvilínea*. Editorial Cultura. México, 1934, 97 pp.
- TORRE Carbó, Miguel de la. *Geometría Descriptiva*. UNAM, México, 1975, 390 pp.

- VILCHES, Lorenzo. *La lectura de la imagen*. Paidós Comunicación, Buenos Aires, 1983
- WEYL, Hermann. *Simetría*. McGraw Hill, España, 1990, 130 pp.
- WILLIAMS, Christopher. *Los orígenes de la forma*. Gustavo Gili, Barcelona, 1984. 158 pp.
- WOLF, K.L. *Forma y Simetría*. EUDEBA, Argentina, 1969, 55 pp.
- WONG, Wucius. *Fundamentos del diseño*. Gustavo Gili, Barcelona, 1995, 348 pp.
- WYLIE, C.R. *Fundamentos de Geometría*. Troquel, Argentina, 1968, 380 pp.