Capítulo 7

Funciones y relaciones hiperdimensionales

Una función es una representación matemática que toma un conjunto de números y los evoluciona en otros, que son denominados imágenes, conformando un rango, donde debe existir una única imagen para cada elemento de ese dominio. El conjunto de preimágenes (dominio) debe resguardar alguna particularidad común, tal que al ser evolucionadas, resguarden cierta información asociadas al conjunto de imágenes obtenidas. Si por alguna razón un elemento del dominio posee más de una imagen, no se tiene definida una función sino una relación entre el conjunto de valores de entrada y el de salida. El conjunto de todas las imágenes posibles de los miembros del dominio conforma un conjunto denominado codominio o contradominio.

Las funciones pueden representarse mediante expresiones matemáticas, que al ser evaluadas pueden generar datos que son organizados en tablas, o bien pueden utilizarse para realizar gráficas: La representación gráfica es muy útil para visualizar con facilidad el comportamiento existente entre la relación que se presenta entre preimágenes e imágenes.

Uno de los conceptos fundamentales de las funciones es su continuidad, la cual es definida por la tendencia numérica de la función al aproximarse a los puntos de su dominio tanto por la derecha como por la izquierda, siendo referenciado normalmente, como aquella cuya gráfica se puede realizar sin levantar el lápiz. Sin embargo puede existir continuidad lateral, por ejemplo que el límite por la izquierda para los x_o sean iguales al valor de la función. Además, se puede mencionar la existencia de la continuidad de una función en un intervalo definido.

Algunas funciones continuas son las polinómicas, trigonométricas, las exponenciales y las logarítmicas. En cada de estas familias de funciones, se cumple lo anteriormente mencionado. Puede existir continuidad en todo el conjunto de los números y excluirse algunos de ellos, quedando definida la función por intervalos. Por ejemplo, la función $f(x) = 1/x$, posee un dominio que es el conjunto de los números reales excluyendo al cero.

Las funciones matemáticas son expresiones que muestran el comportamiento de la relación de un conjunto números con sus imágenes, existiendo una única imagen para cada elemento del dominio, que puede ser analiza por segmentos para identificar el comportamiento o tendencia de los valores que genera la misma al incrementar el valor de la variable independiente. Una función puede ser constante, creciente o decreciente, presentándose en su evolución, máximo, mínimos y puntos de silla (ensilladura).

El comportamiento de una función lo indica la relación de pendientes en cada uno de los puntos que la define, siendo creciente para el caso de pendientes positivas (derivada evaluada en el punto >0), o bien decreciente para el caso de pendientes negativas (derivada evaluada en el punto < 0).

La concavidad es importante en el análisis de las funciones, pues indica el posible comportamiento sobre toda una región, definiendo puntos de estabilidad e inestabilidad de la misma. Una concavidad hacia arriba indica que se encuentra en una región de estabilidad respecto a un valor mínimo de región, siendo fundamental este comportamiento para el estudio de partículas en el ambiente científico o en la ingeniería. Esto significa que si la concavidad es hacia arriba, si se genera un pequeño cambio al sistema, este tiende a retornar a la misma condición, por lo cual se le considera una región de estabilidad. Por el contrario, si la concavidad es hacia abajo, esto implica que existe una tendencia a variar significativamente su estado, a pesar de que se aplique una perturbación pequeña al sistema, este no tenderá a regresar al estado inicial, pues no existe una región de estabilidad, cerca de dicho punto.

Las funciones pueden definirse en diferentes espacios numéricos, tal que se pueden tener funciones con las siguientes características:

- $X \in \mathbb{R}$, con sus $f(X) \in \mathbb{R}$.

- $(x, y) \in \mathbb{R}^2$, con sus $f(x,y) \in \mathbb{R}$.
- $(x, y, z) \in \mathbb{R}^3$, con sus $f(x, y, z) \in \mathbb{R}$.
- $(x_1, x_2, x_3, \ldots, x_n) \in \mathbb{R}^n$, con sus $f(x_1, x_2, x_3, \ldots, x_n) \in \mathbb{R}$.

De este conjunto de funciones posibles, las ordinarias son las primeras que solamente poseen una variable cuyos valores generalmente se encuentra en el conjunto de los números reales. Esto no excluye la posibilidad de que se emplee una función cuyos valores de entrada sean números del conjunto de números complejos. El tipo de geometría definida por una función de la forma $f(x)$ es una curva, que puede ser representada en un plano cartesiano. El segundo tipo de función, que es de la forma $f(x,y)$, involucra descripción de mantas, planos o membranas dependiendo de la geometría de los ejes empleados para representar las variables. Esto no excluye que la función $f(x, y)$ genere una curva, o bien que la manta definida por ella encierre un volumen aparente, respecto a algún plano, pues para toda función evaluada en uno de sus valores o grupos de valores de entrada, solamente debe producir un valor resultante, pues si no se cumple no sería una función sino una relación. Al igual ocurre con los casos de espacios más complejos que $\mathbb{R}^2$, que pueden definir hipervolúmenes n dimensionales.

En el espacio n dimensional, se pueden generar superficies que demarcan ciertas geometrías, donde se tienen funciones $f(x_1, x_2, x_3, \ldots, x_n) = c$, que toman datos de entrada del espacio $\mathbb{R}^n$, generando imágenes $c \in \mathbb{R}$. En la siguiente figura se muestran funciones del espacio $\mathbb{R}^4$.

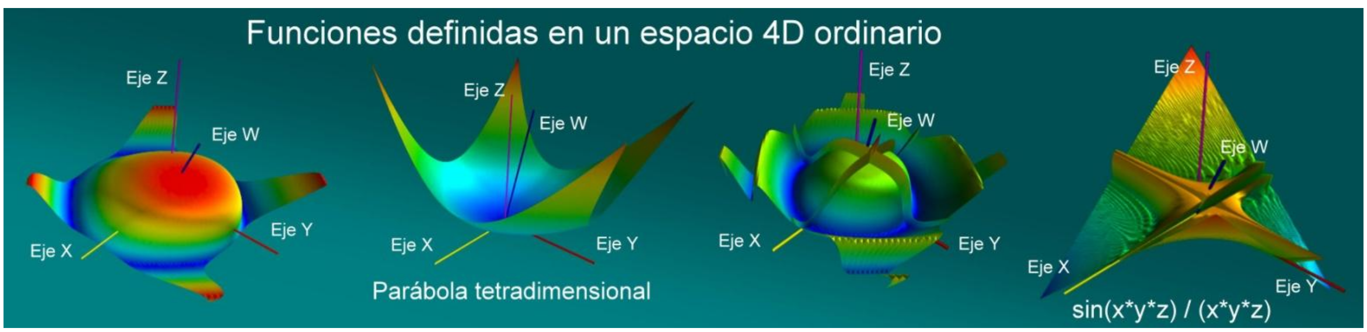

Ilustración 111 Funciones del espacio tetradimensional

Funciones multivariables

Una función como relación especial entre conjuntos, puede aceptar en su argumento más de una variable, siendo denominada función multivariable. La cantidad de entradas del argumento de una función no está restringida, lográndose representar fácilmente mediante expresiones matemáticas o mediante tablas. Si la cantidad de variables de entrada de la función es grande se complica su representación gráfica, para lo cual se deben generar algoritmos que son aplicados en programas de computación. La representación gráfica ordinaria es para dos o tres variables, pero mediante otros mecanismos, como proyecciones se puede generar gráficos n dimensionales, con los cuales se puede realizar dichas gráficas. Para una explicación de la graficación mayor a tres dimensiones se recomienda leer el libro "**Fantasía matemática de los multiversos**".

La definición del dominio para funciones multivariables es $\mathbb{R}^n$, siendo su salida o valor resultante un valor del conjunto de los números reales. La evaluación de las expresiones se realiza al igual que para el caso de una variable. Por ejemplo, si la función a evaluar es $f(x,y) = 3*x*y + y - 3$, siendo el punto (2,3), los valores de entrada, la función en ese par ordenado se evaluaría como $f(2,3) = 3*2*3 + 3 - 2 = 19$. Al igual, la valoración de un límite de una función multivariable, debe contemplar los valores tanto a la derecha como la izquierda de cada uno de los miembros del argumento en que se está valorando dicha función. Por ejemplo, suponga que se desea calcular el límite de la función $f(x, y) = (e^{x*y} - 1)/(x^2 + y^2)$, para cuando

x= 1 e y = 2, para lo cual se realiza una sustitución de las variables por sus valores. De tal forma, que la función valorada en dicho punto f(1,2) = $(e^{1*2}-1)/(1^2+2^2)$, cuyo resultado es 1,28.
El límite de una función multivariable puede resultar con las indeterminaciones típicas, como las de infinito sobre infinito, 0/0 y todas las otras conocidas. Por ejemplo la función f(x, y) = $(e^{x*y}-1)/(x^2+y^2)$, para el caso cuando "x" e "y" tienden a cero, se obtiene una indeterminación de la forma 0/0. La complejidad de estas expresiones multivariables, evoca a tratamientos especiales. Por ejemplo, para esta función en estudio se puede emplear la técnica de valoración siguiendo diferentes trayectorias hacia la posición (0,0) con el fin de verificar si hay una valoración diferente de dicho límite. Tal que si se acerca al punto (0,0), a través de la recta y=x, el límite evoca a f(x) = $(e^{x*x}-1)/(x^2+x^2)$, que valorada en (0, 0), es igual a valorarlo en x=0, se llega una indeterminación, que debe ser resuelta usando la regla de L'Hopital, dando como valor ½. Pero si se analiza, empleando y = x^2 como función de aproximación hacia el punto (0,0), se obtiene f(x) = $(e^{x*x*x}-1)/(x^2+x^4)$, que al realizar la valoración obliga a utilizar L'Hopital nuevamente, obteniéndose como valor del límite para el par (0, 0) un valor de cero. Dado que el límite de la misma función valorada respecto al mismo punto (0, 0), es diferente se dice que el límite para esta función en el punto (0, 0) no existe.

Teorema de Bolzano hiperdimensional

En el mundo de las funciones, la utilización de conceptos generales que expliquen el posible comportamiento de las mismas, resultan ser muy útiles. Una de esas aplicaciones es denominada teorema de Bolzano, que se aplica a una función f(x) continua en un intervalo [a, b], donde a y b ∈ ℝ, tal que si f(a) >0 y f(b)<0, o bien, f(a) <0 y f(b) >0, obliga a que exista al menos un f(c) =0. Dicha aseveración es fácilmente comprensible, al analizar cualquier caso de trazado de una curva continua que vaya desde los y>0 a los y<0, al igual que para el caso de los y<0 hasta los y>0. Este último caso se ilustra en la siguiente figura.

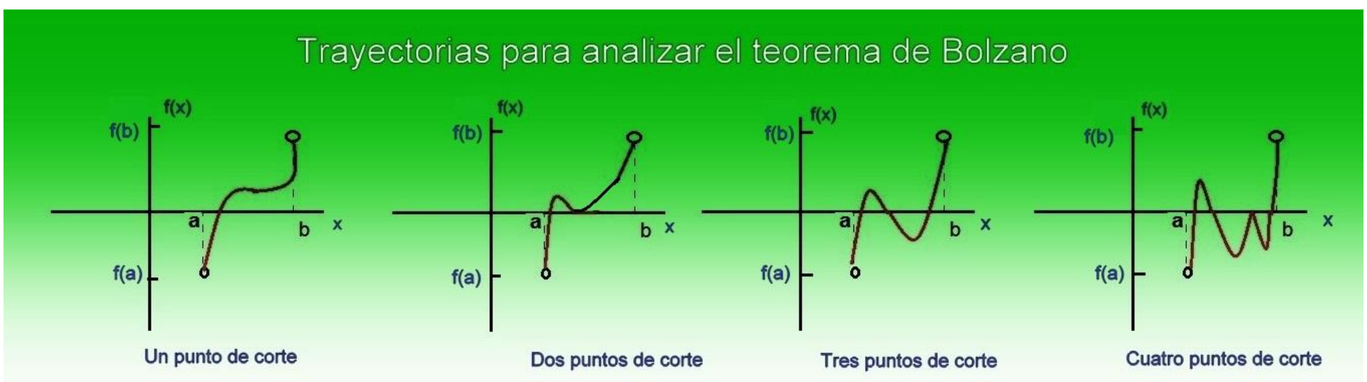

Ilustración 112 Puntos de corte que cumplen el teorema de Bolzano

Este teorema puede ser extendido a tres dimensiones tal que si se tiene una función continua f= f (x, y), tal que el punto a = (x_1,y_1) con f(x_1, y_1)>0, y el punto b= (x_2, y_2), tal que f(x_2, y_2) <0, debe existir al menos un punto c= (x, y), tal que f(x, y) =0. Cuya explicación es muy simple, imagínese que una persona va desde una parte del piso número uno de un edificio cerrado, a otra parte del edificio en el piso 50, para trasladarse de un piso a otro sin remedio tiene que pasar por los otros pisos. Toda función es la conjugación de todas las trayectorias que permite la misma, por ello, existe semejanza entre la función operacional de múltiples variables con el desplazamiento en un edificio.

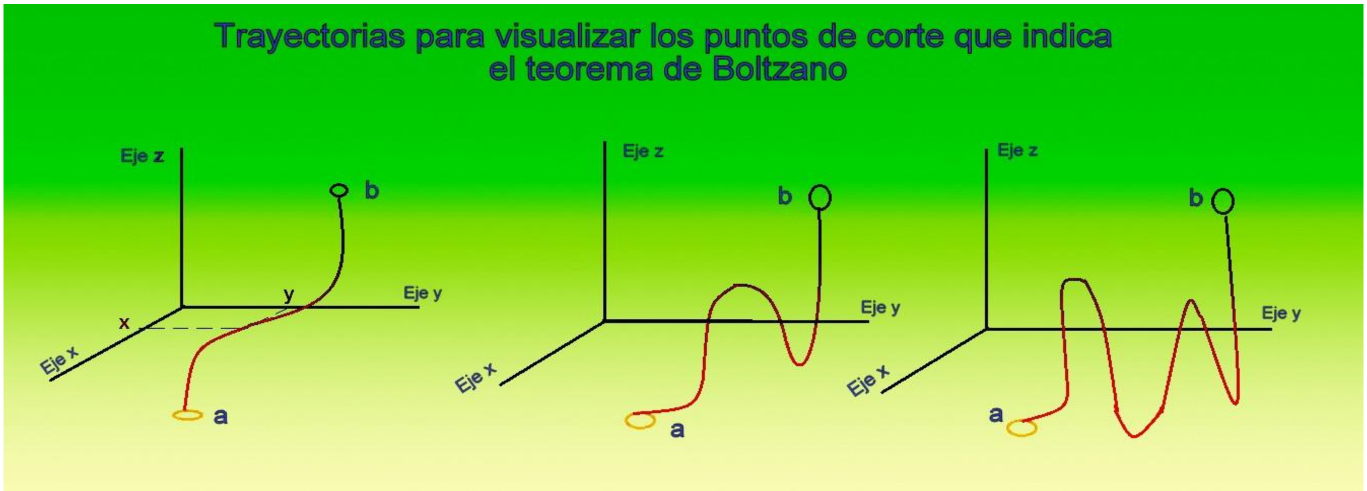

Ilustración 113 Aplicación de teorema de Bolzano a tres dimensiones

Este mismo pensamiento para la extensión de tres dimensiones, puede ser aplicado al teorema de Bolzano, para n dimensiones, tal que si $f(x_1, x_2, x_3, \ldots, x_n) > 0$ y $f(x_{11}, x_{21}, x_{31}, \ldots, x_{n1}) < 0$, debe existir al menos un punto de corte en el cual, donde $f(x_{12}, x_{22}, x_{32}, \ldots, x_{n2}) = 0$.

Composición de funciones hiperdimensionales

En el tratamiento de las expresiones matemáticas, en muchas ocasiones es muy útil realizar un cambio de variable que permita resumir expresiones complejas. Esta aplicación es conocida como composición de funciones, tal que, si tienen dos o más funciones, como $f(x)$, $g(x)$, $h(x)$ y $m(x)$, se puede generar una función $p(x) = p(f(g(h(m(x))))) = (f \circ (g \circ (h \circ m))_{(x)}$, donde el dominio es común para todas las funciones involucradas. Con el fin de ayudar al lector a interpretar el uso de este tipo de composición se recomienda iniciar con una aplicación sencilla que involucra el caso de dos funciones, tal que si $f = f(x)$ y $g = g(x)$, se puede pensar en una función producto de la composición $(f \circ g)_{(x)} = f(g(x))$, donde cada una de ellas es una función de una variable. Por ejemplo, si $f(x) = x^2$ y $g(x) = 1/x$, la composición $(f \circ g)_{(x)} = f(g(x)$, sería $f(x) = (1/x)^2 = 1/x^2$, la cual en este caso es igual a $(g \circ f)_{(x)}$, cuyo resultado es la función $g(x) = g(f(x)) = 1/x^2$.

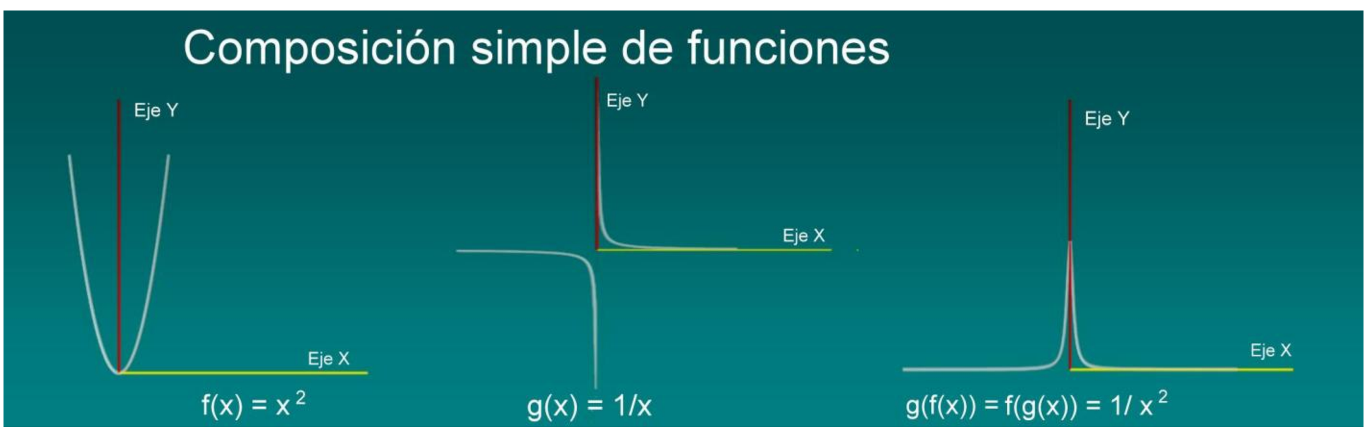

Ilustración 114 Composición conmutativa de funciones

Sin embargo, existe otro grupo de funciones que el orden de aplicación en la composición altera el producto. Por ejemplo, si $f(x) = x^2$ y $g(x) = \cos(x)$, se tendrá que $(f \circ g)_{(x)} = f(g(x))$ será igual a $f(x) = \cos^2(x)$, mientras que $(g \circ f)_{(x)} = g(x)$, dará por resultado $g(x) = \cos(x^2)$.

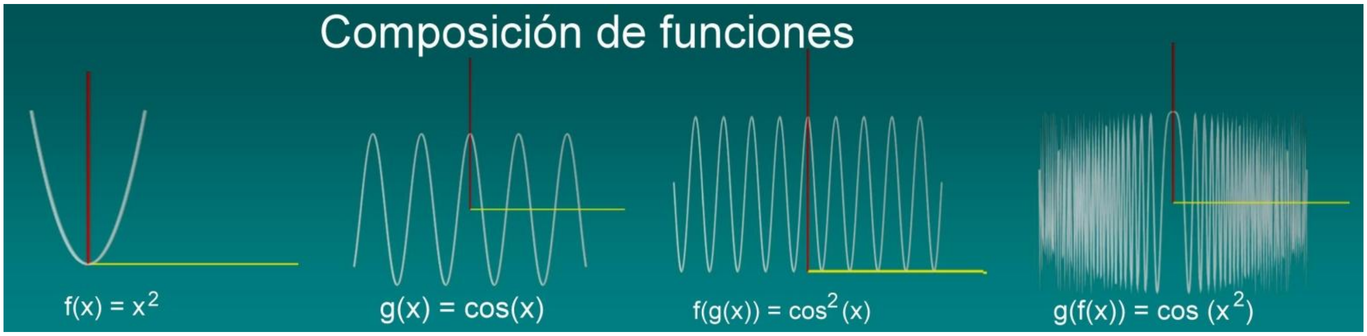

Ilustración 115 Composición no conmutativa de funciones

La composición de funciones se puede aplicar a funciones multivariables, tal que si $f = f(x,y)$, $g = g(x,y)$, $m(x,y)$, se puede generar una función $f(g(x,y), m(x,y))$, a partir de $f(x,y) = (f \circ (g, m))_{(x,y)}$. Para ilustrar esta aplicación de composición de funciones multivariables, suponga que $f(x,y) = x^2 + y^2$, $g(x,y) = \cos(x^2 + y^2)$ y $m(x,y) = 1/x + 1/y$. De la ilustración mostrada, se denota el efecto que tiene cada una de las definiciones de las fórmulas o expresiones matemáticas, aplicadas para generar la nueva función.

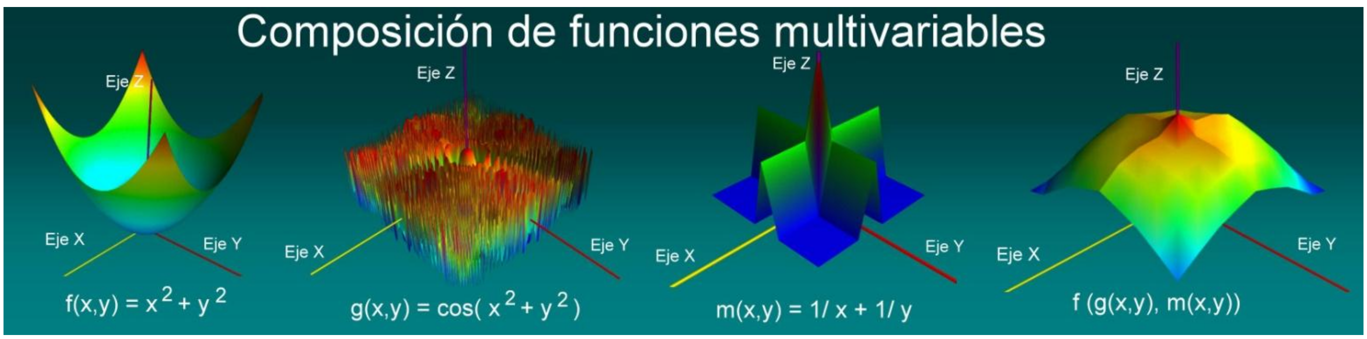

Ilustración 116 Composición de funciones multivariables

En la ilustración anterior, se muestran algunas orillas o salientes de la manta que define la superficie de la función, pero son producto de la definición de la rejilla de valores o plano de investigación definido en el programa que genera dichas figuras. Es claro, de la ilustración el efecto moderador que tienen las variables redefinidas a través de la composición de funciones. Note, que a pesar de que la definición de la función $f(x, y)$ posee un mínimo en el origen del sistema de coordenadas, el efecto de $g(x, y)$ y $m(x, y)$ lo afecta, convirtiéndose en máximo.

Siguiendo una filosofía similar a la indicada en el ejemplo anterior, se puede generar figuras de funciones definidas mediante la composición de funciones que posean más de dos variables, para lo cual se debe utilizar los algoritmos indicados en el libro "**Fantasía matemática de los multiversos**" para realizar el graficado. La composición de funciones se puede aplicar a funciones multivariables, tal que si $f = f(x, y, z)$, $g = g(x, y, z)$, $m(x, y, z)$, se puede generar una función $f(g(x, y, z), m(x, y, z))$, a partir de $f(x, y, z) = (f \circ (g, m))_{(x,y,z)}$. Con el fin de comprender su aplicación, suponga el siguiente caso en que se tienen las funciones multivariables, $f(x, y, z) = x^2 + y^2 + z^2$, $g(x, y, z) = \cos(x^2 + y^2 + z^2)$ y $m(x, y) = 1/x + 1/y + 1/z$.

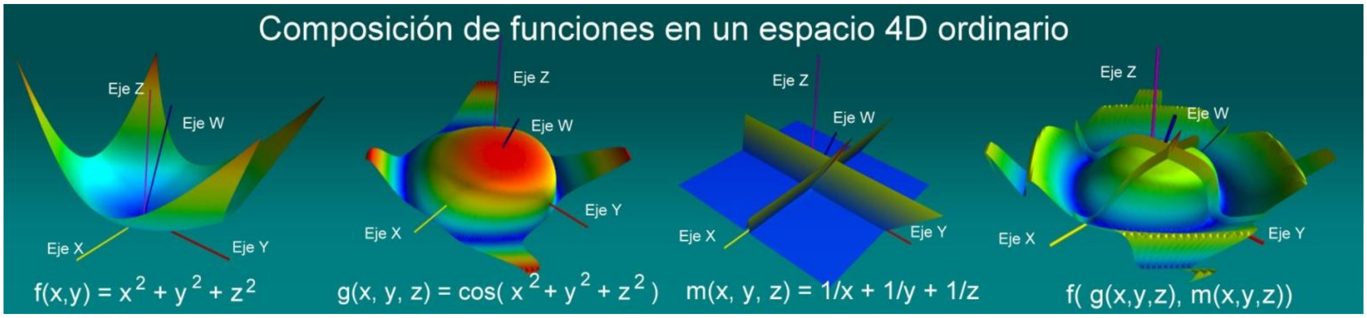

Ilustración 117 Composición de funciones en un espacio 4D ordinario

Es importante recalcar que la definición resultante de la composición de funciones, depende del orden de las funciones empleadas, tal que de $f(x, y, z) = (f \circ (g, m))(x, y, z)$, puede generar una función diferente que la que se obtiene $g(x, y, z) = (g \circ (f, m))(x, y, z)$, al igual que para el caso de $m(x, y, z) = (m \circ (g, f))(x, y, z)$.

Dominio de la función hiperdimensional

Toda función tiene una aplicabilidad que puede estar limitada por sus características, donde para ciertos intervalos o valores esta se indefine, siendo el conjunto de todos los intervalos que no indefine la función lo que se denomina dominio. En un mundo único, donde se asume continuidad tanto de espacio y tiempo, la definición del dominio de una función queda limitada por la aplicabilidad matemática. Pero, cuando los valores de trabajo, dependen de las características de un observador, se genera una nueva limitante en cuanto a la definición del dominio de una función.

Suponga, que se tiene una función que describe la naturaleza de la distribución de masa en un universo simple, tridimensional, continuo, en primera instancia la función debe definirse para un mundo infinito tridimensional que evoluciona con el tiempo. Tanto para las componentes de la posición como del mismo tiempo los valores abarcan rangos infinitos. Donde el espacio estará definido desde menos infinito hasta más infinito, para abarcar cualquier posición probable de existencia de masa en todo el universo, mientras, que el tiempo tiene la restricción de que parte de un momento de referencia que es considerado el cero. Quizás, el momento de inicio del big bang [27] puede considerarse como el momento de referencia para la descripción de un desarrollo histórico de la creación y evolución de la masa. Esto implica, que aunque en las ecuaciones matemáticas el dominio puede contemplar muchos intervalos, a la hora de realizar una aplicación de las mismas a una determinada área, esta es la que define su verdadero dominio. Al igual, no se acepta la existencia de masas negativas, por lo cual, las expresiones matemáticas que describan tanto a la densidad de masa, como la masa asociada a un cuerpo deben ser positivas.

Una función que describa la evolución de ente del espacio **XYZ** que evoluciona durante muchos eventos en él, tendrá una trayectoria que involucra variables de dicho espacio, pero si por algún motivo escapa de su universo o espacio, por ejemplo al espacio **XWM**, adquiere una trayectoria que no coexiste en el anterior espacio, por lo cual tendrá un dominio de existencia que describe el conjunto de posiciones de esta trayectoria compleja e interpretada en diferente forma por los observadores propios de dichos espacios.

Suponga que se tiene una función que describe la trayectoria de un ente que está descrita por la función, de cien eventos en el universo **XYZ**, doscientos en el universo **XYW**, cien en el universo **YZW** y doscientos en el universo **XYZ**. En principio, si se permite continuidad de existencia punto a punto, esta trayectoria genera una curva continua, aunque para los observadores propios, el objeto estará desapareciendo de su universo, pues prosigue su existencia en otro universo. De tal forma, que la trayectoria muestra un ente de evolución continua, a pesar de que desaparece de un universo y aparece en otro. La restricción del dominio que describe a esa trayectoria, debe contemplar un espacio tetradimensional, de tal forma, que se tiene que si la trayectoria la define un vector tetradimensional **t** = **t**(x, y, z, w), deben existir componentes ocultas para los observadores que mantienen la continuidad de la función que determina a la misma.

Para ilustrar lo antes mencionado, suponga que el movimiento que realiza el ente, está compuesto de líneas rectas, la primera en el espacio **XYZ**, luego otra en el espacio **XYW**, otra en el espacio **YZW** y finalmente otra en el espacio **XYZ**. Es importante recalcar, que para mantener la continuidad de la recta, cuando el objeto que inicialmente se encuentra en el espacio **XYZ** pasa al espacio **XYW**, realiza una transición que desde el punto de vista clásico, obliga que se mantenga la continuidad del último valor de **X** y que inicie su nueva recta de la trayectoria en **YZW**, con el valor de **W**, que tenía inicialmente y que el observador de **XYZ**, era incapaz de visualizar. Sin embargo, al introducir las condiciones que el modelo basado en los eventos realiza sobre la no existencia de entes puntuales, obliga a que durante todo instante estén definidas las regiones de existencia y punto probables de existencia. Por tal razón, cuando el ente pasa del domino de observación de **XYZ** al dominio **XYW**, se debe mantener una región constante, tal que obliga a que en una región dada desde X hasta $x + \Delta X$, debe mantener el valor el desdoblamiento respecto del escape de visión de dicho observador.

Esta definición de zonas de existencia que estarían en el dominio de existencia de los entes, están acotadas por barreras de potencial que definen a las zonas de existencia que se crean durante cada desdoblamiento e interactuando sobre otras realidades, generando realidades superior creadas por proyección de varias.

Suponga que la trayectoria de un ente está definida para conjuntos de regiones en el espacio **XYZ**, con una región definida de existencia $w =]w_o, w_1[$, de tal forma que cuando el ente evoluciona a otra región de $w =]w_2, w_3[$, se puede presentar la no existencia validada por un observador, cuyo plano de existencia en su membrana esté definida en el primer intervalo de observación w, antes indicado. El caso más simple de analizar es el definido por trayectoria de zonas permitidas cuyos centros demarcan una tendencia lineal, donde se asume que el ancho de los pozos de potencial que definen a las zonas permitidas de existencia para el ente, se mantiene constante, al igual que el ancho de las barreras de potencial. El hecho de que la trayectoria de existencia del ente no esté definida por puntos sino por regiones de existencia, permite que aerodinámicamente, el ente pueda realizar desplazamientos que no concuerdan con lo esperado según las teorías actuales. Mientras, que según el modelo convencional, cada vez que se realice un giro brusco, se debe introducir cerca del punto de discusión una pequeña curva, con el fin de que tanto la función valorada en sus puntos, así como su derivada sean continuas en los mismos.

Es importante aclarar que aunque las trayectorias no utilicen variaciones de regiones permitidas en todas las coordenadas dimensionales permitidas, todas las regiones que no indefinan la valoración de las funciones multivariables asociadas a las componentes de los hipervectores, definirán a su dominio.

Graficación n dimensional

Una gráfica es un contenedor de información que permite visualizar el comportamiento de un conjunto de datos. En ocasiones, el conocer la tendencia de la variable dependiente en términos de sus variables independientes, permite visualizar características que pueden ser asociadas a un fenómeno al que se le puede asociar aspectos relevantes.

Ordinariamente, una gráfica que describe el comportamiento de un ente, está constituida de un conjunto de ejes y una serie de puntos, que muestran el comportamiento del ente, durante su evolución. Usualmente, las gráficas se realizan en dos o tres dimensiones, siendo la tendencia a utilizar mayormente las gráficas con dos ejes ordinarios, perpendiculares entre sí, que se emplean para representar la relación entre dos variables. Esta relación puede estar asociada a cantidades escalares como la masa temperatura,

volumen, etc., o bien cantidades vectoriales, como posición, velocidad, fuera y otras.
Para realizar una gráfica en dos dimensiones se emplean dos ejes, que pueden ser ordinarios, curvos o helicoidales, lo cual genera que una misma información se observe en forma diferente, dependiendo de la forma en que se defina a los ejes, pues su geometría altera la geometría resultante de la relación entre los datos.

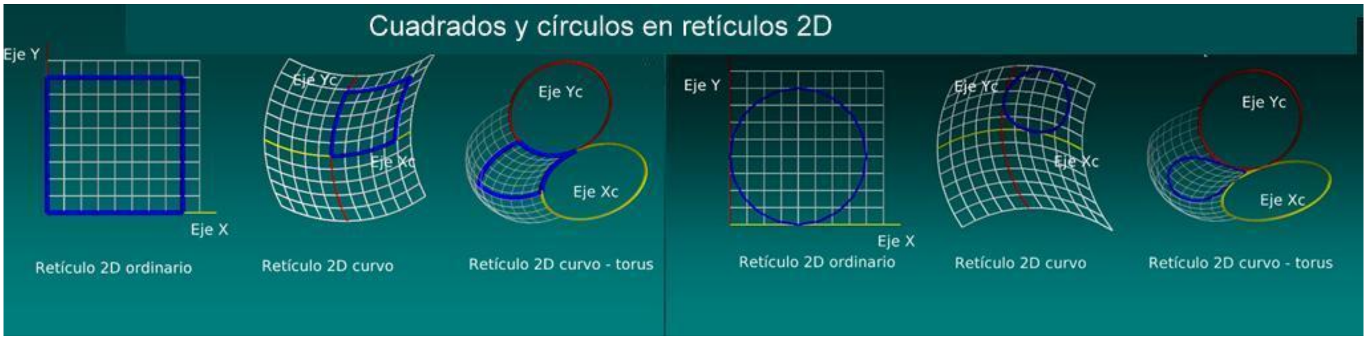

Ilustración 118 Cuadrados y círculos en retículos 2D

Note como en la ilustración anterior, se muestra el efecto que la geometría de los ejes ejerce sobre la geometría de un cuadrado y de un círculo, la cual es distorsionada debido a la geometría definida para sus ejes. Los ángulos entre los diferentes lados del cuadrado, se observan visualmente diferentes, tal que para el caso del retículo 2D curvo simple o torus, da la apariencia de existir dos ángulos obtusángulos y dos agudos, siendo en la realidad todos iguales a 90°. A la vez, un círculo tiende a deformarse visualmente debido a esa geometría de los ejes, pero mostrando siempre la tendencia de formación de un arco cerrado. Esto implica que ha de esperarse que la visión de un observador propio del sistema note una realidad diferente que el que se encuentra fuera del efecto real a que es sometido el entorno de una realidad definida, siendo este el observador ubicado en un plano dimensional superior.
Al incrementar la utilización gráfica, de dos a tres dimensiones, se presenta un fenómeno especial que afecta la geometría de las figuras en estudio, siendo fundamental el punto referencia asociado al observador. Es decir, que si el observador se ubica en el eje **X**, notará una geometría diferente a si se ubica en un eje **X-Y**, es decir, ubicado en el plano **XY**, a 45° del eje **X**, lo mismo ocurrirá si el punto de referencia es cambiado a otras posiciones, a menos que el objeto guarde una alta simetría, pero con el costo de deformación de la respecto a otros ejes.

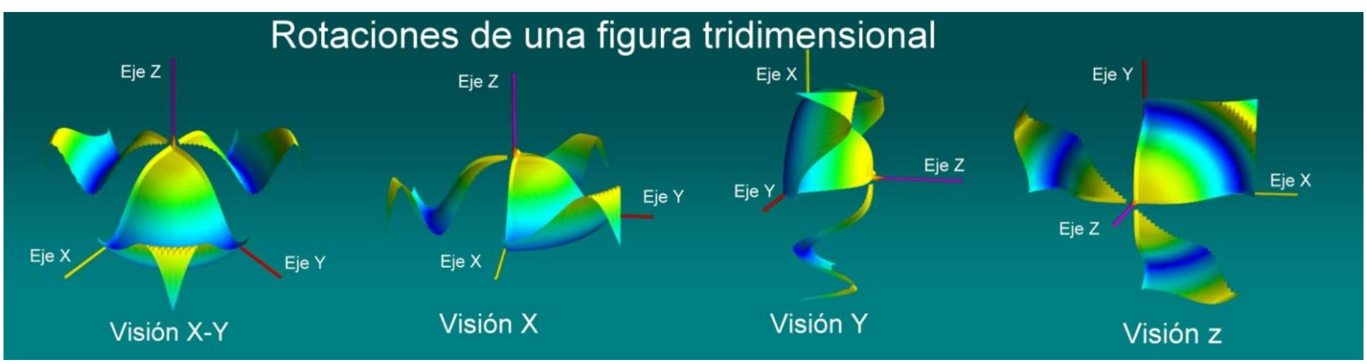

Ilustración 119 Figura 3D ordinaria visualizada desde diferentes puntos

Al comparar la visualización tanto del objeto así como de los ejes, es claro que la geometría visual del entorno del observador, cambia sensiblemente, perdiéndose información dependiendo del punto que se

tome, de tal forma, que algunos planos de visión quedan ocultos al observador, en el momento en que estos se encuentren perpendiculares a la línea de visión del observador. Otro punto importante para demarcar para el caso de tres dimensiones, es la deformación de la información siendo dependiente de la posición del observador, tal que un plano se puede visualizar como una línea recta, al igual que un círculo puede deformarse dando la apariencia de una elipse e inclusive de una línea.
Para la generación de gráficas 3D se pueden emplear los objetos creados por diferentes grupos, donde el algoritmo para emulación tridimensional puede variar, desde la representación angular visual entre ejes, al igual que con el efecto de reducción de planos que emulan profundidad, efectos de sombras y otros más. Dependiendo de la calidad de los factores empleados para la emulación 3D la geometría visual favorece o desfavorece el reconocimiento por parte del lector a la hora de reconocer esa emulación tridimensional deseada.

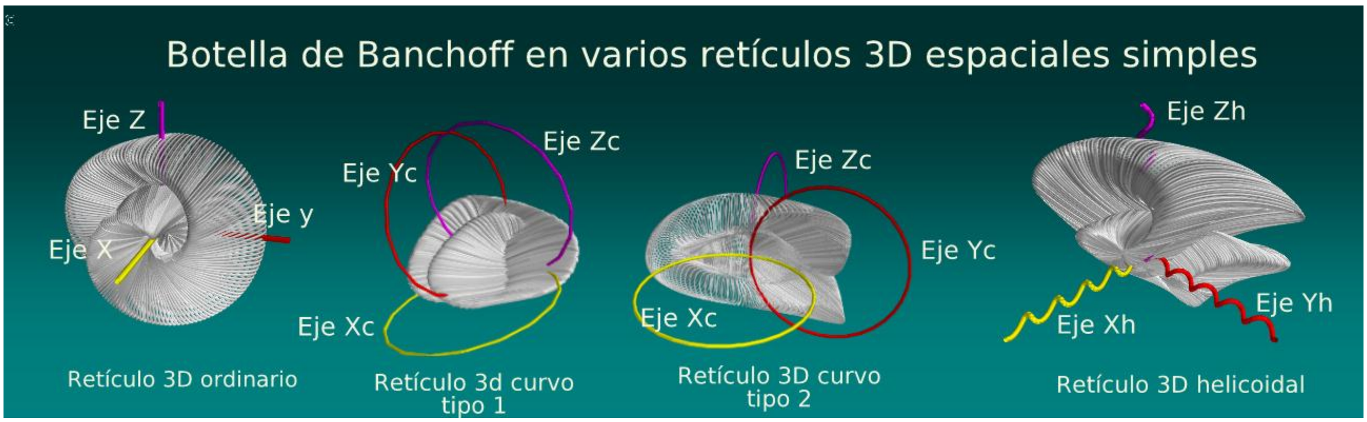

Ilustración 120 Botella de Banchoff en diferentes retículos 3D

Al incrementar una representación gráfica de tres a cuatro dimensiones, la problemática para su graficado se complica al igual que la interpretación por parte del observador, debido a su posible limitación de reconocer únicamente la influencia de tres ejes dimensionales a la vez, de tal forma que la presentación gráfica visualizada no es ni más ni menos, que una proyección de una geometría tetra dimensional a una tridimensional, la cual a su vez se proyecta sobre plano que corresponde a dos ejes dimensionales reales de observación.

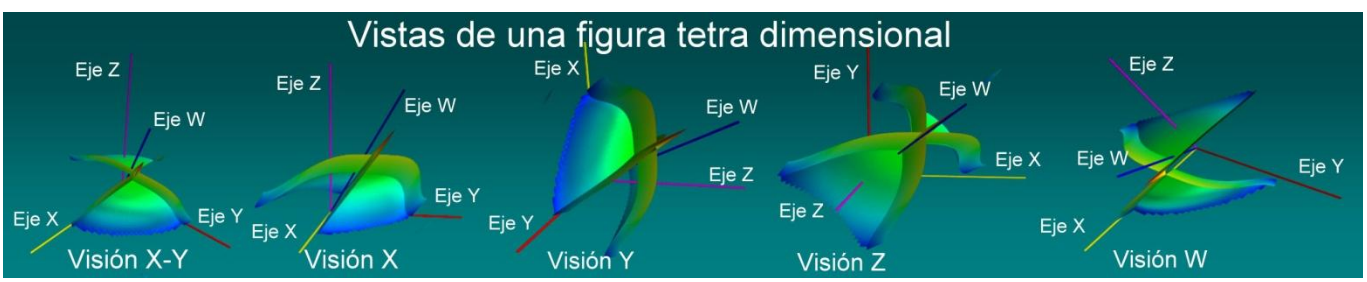

Ilustración 121 Vistas de una figura tetra dimensional

Note, como para cada una de las vistas que la ilustración muestra, el observador percibe una realidad diferente, donde parte de la información queda oculta al observador pues es apantallada por la información de la superficie limitante que envuelve al ente en estudio.
Un incremento en la cantidad de dimensiones conllevará a una complejidad mayor para la interpretación de la proyección de la imagen de objetos n dimensionales al plano de graficación 2D ordinario.