1er. congreso Internacional de Innovación Educativa
La cultura de la innovación en la educación
del 4 al 7 de julio 2006

LOS FRACTALES UNA APLICACIÓN DE LAS MATEMÁTICAS EN LA IMAGEN

Miguel Ángel Carrillo Valencia
Patricia Cortés Pineda
José Alfredo Colín Avila
Sergio Gabriel Vázquez Reyes
José Damaso Mendez Carbajal
Diana Salomé Vázquez Estrada

Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica - Unidad Culhuacan,

Resumen

Los fractales son una herramienta generada por computadora y métodos de iteración matemáticas los cuales son usados para definir de manera más aproximada al contorno real de la superficie del objeto o espectro que se analiza.

Estos elementos permiten no solo una observación completa del fenómeno sino también permiten la compresión y la descompresión de la información de una imagen de fotografía o de un análisis previo. Los fractales por su característica matemática permiten trabajar de forma más precisa las imágenes.

Los fractales son elementos que se han introducido al área de la computación y de la visión de robots para de esta manera poder realizar los movimientos o investigaciones a nivel macroscópico o microscópico. Son el resultado del manejo de formas sencillas de la geometría euclidiana, empleando la mayor parte de las veces el triángulo para definir contornos de los elementos que se analizan.

El empleo de los fractales dentro de las diversas áreas de la investigación permite la observación más definida cada una de las porciones que conforman el contorno del elemento, esto se logra a través de algoritmos iterativos que cada vez seccionan en porciones más pequeñas la zona que se analiza empleando figuras semejantes para de esta manera obtener un resultado favorable.

Palabras clave: Fractal, Imagen, Geometría, Análisis, Figuras.

1. ¿Qué son los fractales?

El matemático francés Benoit Mandelbrot acuñó la palabra fractal en la década de los 70, derivándola del adjetivo latín "fractus". El correspondiente verbo latino: frangere, significa romper, crear fragmentos irregulares. Pues bien, si atendemos a

la naturaleza gráfica de los fractales, éstos no poseen 1, 2 ó 3 dimensiones, sino dimensiones tales como 1.3, 2.5, 4.3 ...etc. Es decir, poseen dimensión fraccionaria.

Es complicado dar una definición general de fractales porque muchas de estas definiciones no se pueden aplicar a todas las familias de fractales existentes. Sin embargo, todos los fractales tienen algo en común, ya que todos ellos son el producto de la iteración, repetición, de un proceso geométrico elemental que da lugar a una estructura final de una complicación aparente extraordinaria. Es decir que cada porción del objeto tiene la información necesaria para reproducirlo todo, y la dimensión fractal no necesariamente entera.

Existen dos características propias a los fractales. Ellas son importantes para comprender su estructura y su concepción. Primero, su Área o Superficie es finita, es decir, tiene límites. Por el contrario y por paradíjico que esto resulte, su Perímetro o Longitud es infinita, es decir, no tiene límites. Un fractal puede ser una serie de circunferencias que se coloquen una sobre el radio de la otra como si fuera su diámetro y así infinitamente. El area sería siempre semejante o aproximada a la de la circunferencia mayor, pero su longitud.

El Conjunto de Mandelborot, Su nombre deriva de su descubridor y el además considerado padre de la Geometría Fractal, el matemático polaco Benoti Mandelbrot; pero no todos los méritos en el descubrimiento de los Fractales le son debidos a él, sino que también a otro gran matemático, como fue el radicado francés Gaston Maurice Julia, estos dos matemáticos han sido los que más han aportado en el mundo de las investigaciones sobre fractales. Sus historias son muy peculiares y, en cierto modo, ninguno de ellos quizo descubrir los fractales.

La iteración que es la repetición de "algo" una cantidad "infinita" de veces. Entonces, los fractales se generan a través de iteraciones de un patrón geométrico establecido como fijo.

1.1 La dimensión fractal

La medición de formas fractales (fronteras, poligonales, etc,) ha obligado a introducir conceptos nuevos que van más allá de los conceptos geométricos clásicos. Dado que un fractal está constituido por elementos cada vez más pequeños, el concepto de longitud no está claramente definido: Cuando se quiere medir una linea fractal con una unidad, o con un instrumento de medida determinado, siempre habrá objetos más finos que escaparán a la sensibilidad de la regla o el instrumento utilizado, y también a medida que aumenta la sensibilidad del instrumento aumenta la longitud de la línea.

Esto sucede con la curva de Koch. Cada paso en la génesis de la curva aumenta un tercio su longitud. Es decir la longitud de la curva que ocupa el espacio inicial va aumentando en cada paso su longitud de forma indefinida. Cada curva es 4/3 de la anterior:

Figura 1 Curvas de Koch.

Así por ejemplo en el caso de la curva poligonal de nivel 10, la longitud es 1.(4/3)^(10-1):

Figura 2 Curva poligonal de Koch de nivel 10

De esta forma la curva aumentaría indefinidamente su longitud para un fragmento acotado de curva. Como la longitud de la línea fractal depende de la longitud de instrumento, o de la unidad de medida que tomemos, la noción de longitud en estos casos, carece de sentido. Para ello se ha ideado otro concepto: el de **dimensión fractal**. Que en el caso de las líneas fractales nos va a indicar de qué forma o en que medida una linea fractal llena una porción de plano. Y que además sea una **generalización de la dimensión euclidea**.

Sabemos que en geometría clásica un segmento tiene dimensión uno, un círculo tiene dimensión dos, y una esfera tiene dimensión tres. Para que sea coherente con lo dicho una línea fractal tiene que tener dimensión menor que dos (no llena toda la porción de plano). Y en los casos del conjunto de Cantor y de la curva de Koch menor y mayor que uno respectivamente: En el primer caso no llena todo el segmento de recta, y en el segundo es más largo. Sin embargo el caso del conjunto de Cantor es excepcional y no se puede considerar propiamente un fractal, en general lo que sucede es que la longitud de la curva fractal es superior al del segmento de recta que lo genera, y por tanto en general la dimensión fractal será un número comprendido entre uno y dos.

Como precedente a la dimensión fractal nos encontramos con la dimensión definida por Felix Hausdorff en 1919, perfeccionada más tarde por Besicovitch. La dimensión Hausdorff H(X) de un objeto fractal X mide el número de conjuntos de longitud L que hacen falta para cubrir X por L.
La dimensión fractal, D, como veremos es una generalización de la dimensión euclidea, DE. Si partimos de un segmento de longitud 1, y lo partimos en segmentos de longitud L obtendremos N(L) partes, de manera que

N(L).L^1 = 1

cualquiera que sea L:

Figura 3 Segmentos de longitud.

Si el objeto inicial es un cuadrado de superficie 1, y lo comparamos con unidades cuadradas, cuyo lado tenga de longitud L, el número de unidades que es necesario para recubrirlo N(L), cumple:

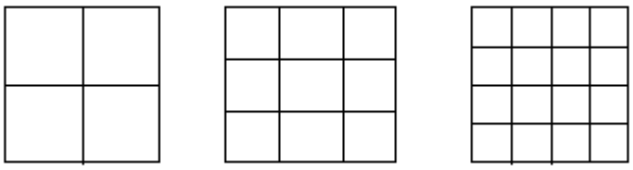
N(L).L^2 = 1
cualquiera  que sea L:

Figura 4 Comparación con unidades.

Si, por último, el objeto que tomamos es tridimensional, como, por ejemplo, un cubo de volumen 1, y lo medimos en relación con unidades que sean cubos de arista L, entonces se cumple que:

N(L).L^3 = 1
Cualquiera que sea L:

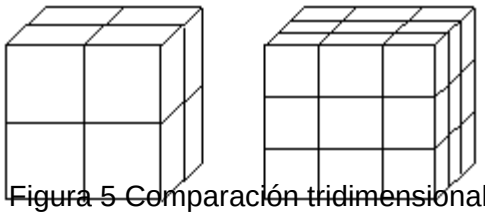


Figura 5 Comparación tridimensional.

De todo esto podemos generalizar que la dimensión fractal de un objeto geométrico es D si:

N(L).L^D = 1

donde N(L) es el número de objetos elementales, o de unidades, de tamaño L que recubren, o que completan, el objeto.

De donde deducimos, despejando D, que:
D= log (N(L))/log(1/L)

De aquí podemos deducir las dimensiones del conjunto de Cantor:

D= log(2)/log(3) = 0'6309...
La de la curva de Koch:
D = log(4)/log(3) = 1'2618...

Sin embargo se suele aceptar, e incluso definir, que un objeto es fractal solo cuando su dimensión fractal es mayor que su dimensión euclidena:

D>DE

Así por ejemplo no se considera fractal el conjunto de Cantor.

1.2 Complejidad Infinita

La generación propiamente tal de un fractal se puede hacer de muchas maneras, pero matemáticamente, se define como la repetición constante de un cálculo simple (iteración), como habíamos dicho anteriormente.

El Conjunto de Mandelbrot es mucho más complejo que la imagen vista anteriormente. Pero su generación es lo interesante. El Conjunto de Mandelbrot se forma mediante un número complejo (a+bi, A y B números. Reales; i=unidad imaginaria) que se dice "especial". Entonces, tenemos el número complejo Z = a+bi, al cual se lo somete a una "prueba matemática". Para ello tomamos el número Z y lo elevamos al cuadrado, sumándoselo después al mismo Z. Luego, elevamos ese resultado y lo elevamos nuevamente al cuadrado, sumándoselo a Z y así infinitamente (iteración). Representemos esto:

Tabla 1 Representación de iteración.

NÚMERO $\mathbb{C} = a + bi$ (complejo).	
primera iteración	$Z^2 + Z$
segunda iteración	$(Z^2 + Z)^2 + Z$
tercera iteración	$((Z^2 + Z)^2 + Z)^2 + Z$

El esquema anterior nos muestra el caso mencionado. Se toma un número complejo y se le somete a un proceso matemático "simple", tal como es elevarlo al cuadrádo y sumarlo consigo mismo. Este proceso, iterado, transforma ese número complejo "simple" en uno infinitamente intrincado. Aún así, si usted no comprende estos cálculos, no se preocupe, ya que por su complejidad el

Conjunto de Mandelbrot, por ejemplo, ha sido generado a través de computadoras, en este caso de la IBM.

2. Análisis de imágenes

La observar una imagen de cualquier especie por medios ya conocidos, como son las cámaras de video que envían la información a una terminal de trabajo se encuentra algunos puntos de la imagen no se encuentran claros o definidos para un análisis posterior.

En muchas investigaciones de tipo geológicas las vistas adquiridas por medio de fotografías o video no revelan en un 100% el aspecto real de la superficie del terreno que se va a estudiar con un robot u otro elemento, lo que representa una posibilidad de riesgo al estar realizando el estudio. Otro caso es el análisis de muestras de minerales o de espectros generados por substancias o campos electromagnéticos en una región determinada, por medio de los microscopios o aparatos relacionados a cada área se obtiene un alto porcentaje de la aproximación de la realidad de lo que se observa, así mismo esta el problema de la comprensión de información de una imagen para ser enviada en un paquete de datos o para transportarla.

3. Los fractales como un análisis.

La aplicación de fractales a los análisis de este tipo por medio de la computadora permiten un acercamiento más a la realidad de lo que se observa debido a la utilización de de figuras geométricas de aspecto sencillo como son los triángulos, hay que tomar en cuenta que no siempre se puede emplear la misma figura en todos los análisis.

El fractal de Mandelbrot es el análisis más empleado debido a su sencillez y aplicación a espectros de tipo electromagnético. Las imágenes que se observan son amplificadas y replicadas por medio de una sucesión de figuras geométricas (triángulos) que se sobre ponen al limite de la silueta que genera la imagen.

Las características que definen un fractal son las siguientes:

a) Auto - similitud: A diferentes escalas, un fractal conserva la misma apariencia, siempre existe una clara similitud entre partes muy distantes de una misma figura fractal.
b) Infinito Detalle: Relacionada con la anterior característica, al ampliar un fractal, tanto más detalle revela este, sin que se tenga un límite en el que se aprecien bloques.
c) Dimensión no entera: Al contrario de la geometría clásica, en la que la las figuras tienen 1, 2 o 3 dimensiones, un fractal puede desarrollarse en una dimensión no entera, como, por ejemplo la curva de Koch, que lo hace en la dimensión 1.26; esto es, ocupa parte del plano pero no llega a tener la

entidad de figura bi-dimensional.

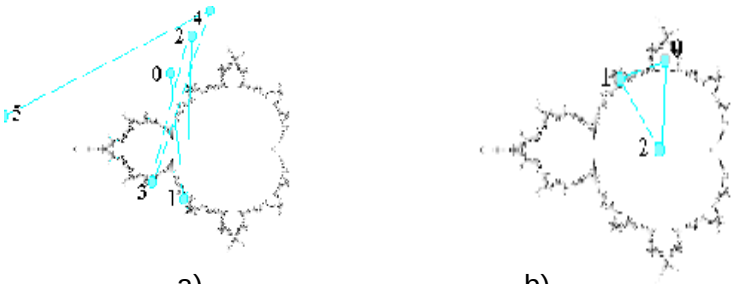
d) Las fórmulas o algoritmos que los definen son relativamente sencillos y con un conjunto muy reducido de datos.
e) Su algorítmia es definida por una característica clave: la iteración. Es gracias precisamente al ordenador lo que permite experimentar y descubrir nuevos conjuntos y sin él, probablemente Mandelbrot no hubiese llegado tan lejos. El ordenador fue y es imprescindible en cualquier campo que abarque los fractales.

3.1 Generación de un fractal

Cuando usted ve una imagen fractal, usted podría pensar en la pantalla como un plano haciendo uso de muchos puntos o píxeles. Cada píxel tiene una coordenada para x y otra para y, las cuales determinan su posición dentro de la pantalla. De aquí cada píxel es un lugar diferente, las coordenadas de cada píxel son diferentes para el resto.

Para generar el fractal primero nosotros necesitamos de una función. Una función es un herramienta de matemática que puede ser desarrollada sobre cualquier par de coordenadas, y estas darán a usted dos nuevas coordenadas. Para comenzar, un píxel es seleccionado. Entonces, una función es iterada sobre el punto.

Esto nos da una nueva coordenada tanto en x como en y. Nosotros "movemos" el punto a su nueva localización especificada por esas coordenadas, y así continuamos, nosotros tomamos las nuevas coordenadas y aplicamos nuestra función de nuevo. Esto nos brinda un conjunto de coordenadas para cada punto. y entonces nosotros usamos la función sobre esas coordenadas , y así sucesivamente.



a) b)

Figura 7 Desarrollo del análisis generado por un fractal.

Otra manera de obtener el fractal es empleando un simulador que opera tomando partes de varias líneas que constituirán el generador del mismo. Permite ver por pasos las curvas (efecto de cada transformación) que conducen al fractal, es decir la curva que se obtiene después de las transformaciones. La primera curva es el generador. La segunda curva se obtiene sustituyendo cada línea del generador por

una copia del generador mismo pero de tamaño proporcional a la línea reemplazada.

De esta manera se da una sucesión de sustituciones de manera iterada de tal forma que la figura básica se reproduce a lo largo de la curva del generador lo que se convierte en una sucesión infinita en la que cada curva que se obtiene de la anterior y la "curva al final" o Curva de Koch" es el fractal, hay que tomar en cuenta que mientras mas iteraciones se usen mas exacta y detallada será nuestra imagen. La curva de Koch se puede obtener otro tipo de curvas, o simplemente empleando otras ecuaciones.

Esto permite que la tecnología de los fractales permita trabajar imágenes en formatos comprimidos como el JPEG, un zoom avanzado sin píxelización, al ser independiente de la resolución, no produce la aparición de bloques ampliados (píxeles), ahorro de espacio de almacenamiento y, evidentemente, menores tiempos de transmisión de imágenes a través de Internet y el proceso de Compresión / Descompresión que es acentuadamente asimétrico, mientras que la descompresión es casi inmediata, la compresión requiere considerablemente más tiempo de computación.

3.2 Proceso de compresión de imagen.

Básicamente, el proceso de compresión, muy a grandes rasgos, es el siguiente:

a) La imagen origen es dividida en subconjuntos llamados regiones de dominio, sobre las que se buscarán redundancias dentro de la imagen.
b) Para cada región de dominio se escoge una región de rango, mayor en tamaño que la región de dominio.
c) Todas las posibles regiones de rango sin rotadas, escaladas y se las aplica una simetría (en definitiva, una transformación afín), eligiendo la región de rango que junto con la transformación afín mas se aproxime a la región de dominio.
d) La elección de la región de rango, junto con la transformación afín, se almacenan en el fichero fractal, y constituirán los patrones para la descompresión y así reconstruir la imagen original.

El proceso de descompresión se resume en iterar un número suficiente de veces todas las transformaciones afines almacenadas sobre las regiones de rango hasta llegar a un conjunto invariable, al atractor, que es una buena aproximación de la imagen original (al tratarse de una compresión con pérdidas, nunca será una réplica píxel a píxel del original).

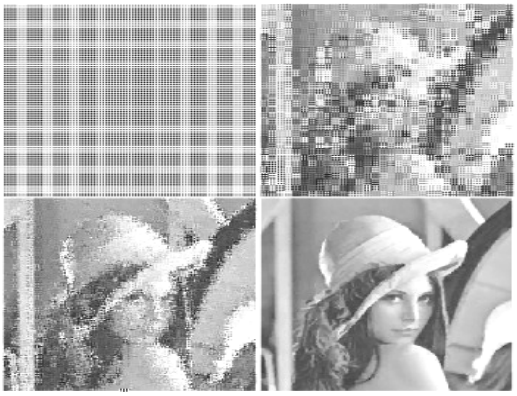


Figura 8 Proceso de descompresión de una imagen fractal

4. APLICACIONES

Hay aplicaciones en multitud de áreas. Como por ejemplo se mencionan las siguientes:

1. Comunicaciones: Modelado del tráfico en redes.
2. Informática: Técnicas de compresión (audio y vídeo).
3. Robótica: Robots fractales.
4. Infografía: Paisajes fractales y otros objetos.
5. Biología: Crecimiento de tejidos, organización celular, evolución de poblaciones depredador – presa, etc.
6. Matemáticas: Convergencia de métodos numéricos.
7. Música: Composición musical.
8. Física: Transiciones de fase en magnetismo.
9. Química: Agregación por difusión limitada (DLA).
10. Geología: Análisis de patrones sísmicos, fenómenos de erosión, modelo de formaciones geológicas, etc.
11. Economía: Análisis bursátil y de mercado.

Una de las aplicaciones más importantes a través de los fractales y su aplicación en el mundo de las imágenes digitales es sin duda la Compresión Fractal de imágenes. A continuación se expresa una pequeña introducción a la compresión Fractal.

En 1987 Michael Barnsley, fundador de la empresa Iterated Systems junto con Alan Sloan, descubrió que era posible controlar el contenido de una imagen fractal de forma precisa y hacerla parecer increíblemente similar a una imagen del mundo real. Un ejemplo temprano de aproximación a una imagen real basado en fractales lo constituye el clásico helecho fractal.

5. Conclusiones

En realidad los fractales sirven para muchas cosas. Ellos proveen una simple solución para la captura de enormes detalles e irregularidades de nubes y paisajes. La geometría fractal es una eficiente herramienta para el dibujo de objetos naturales reales sobre una pantalla de computador. El diseño de paisajes comienza con básicas formas e iteración sobre ellas.

Además de la belleza plástica que todos hemos contemplado en la generación de un fractal, es algo más que bellas e intrincadas imágenes generadas por ordenador; en la última década los fractales se utilizan para la representación y el análisis de una gran variedad de procesos complejos a lo largo de diversos campos, como pueden ser la Física, las Matemáticas, Biología, Química, Geología, etc.

Referencias

[1] http://members.tripod.com/S-ynth/qslf.html
[2] http://oni.escuelas.edu.ar/olimpi99/fractales/que_son.htm
[3] http://idd01jia.eresmas.net/
[4] http://www.cnice.mecd.es/mem2000/matefoto/libro/intro/intro.htm
[5] http://www.atenea.udistrital.edu.co/estudiantes/ogil/paginas/usos.html
[6] http://www.cienciateca.com//fractales.htm
[7] http://www.fciencias.unam.mx/Graf/fractales/fract.html
[8] http://interactiva.matem.unam.mx/fractales/html/

CURRICULUM VITAE

Nombre: Diana Salomé Vázquez Estrada.
Lugar de nacimiento: México D.F.

Escolaridad:

a) Preescolar.
Escuela Andrés Quintana Roo 1977-1979.

b) Primaria.
Escuela Mujeres Insurgentes 1979-1985.

c) Secundaria.
Escuela Nicolás Copernico 1985-1988.

d) Bachillerato.
Instituto Politécnico Nacional, C.E.C.Y T. #9 “Juan de Dios Batiz Paredes”, Especialidad: Técnico en sistemas digitales. 1988-1991.

e) Licenciatura.
Instituto Politécnico Nacional, E.S.I.M.E. Culhuacan
Carrera: Ingeniero en Comunicaciones y Electrónica
Especialidad en Electrónica. 1991-1996.

f) Maestría.
Fundación Arturo Rosenblueth.
Maestría en Ciencias de la Computación.
Especialidad en Redes de Computadora e Inteligencia Atificial.
2002-2006.

Actividad profesional:

a) Jefe del departamento de diseño de sistemas de la Prosecretaría Técnica de la C.I.D.A.P. de la S.E.P. 1998-1999.

b) Instituto Politécnico Naciona, E.S.I.M.E. Culhuacan

- Profesora de la carrera de ingeniería en computación en las materias de:
  - Introducción a la inteligencia Artificial.
  - Sistemas Expertos.

De 1999 – 2001.

- Profesora de la carrera de ingeniería en comunicaciones y electrónica en las materias de:
  - Control I.
  - Control II.
  - Maquinas rotatorias.
  - Señales y sistemas.

De 1999 – a la fecha.

Ponencias.

a) Robot insecto , Congreso de AMICEE junio de 2005.

b) Repelente de moscos, Congreso de AMICEE junio de 2005.

c) Análisis de imagen por medio de fractales, Congreso CIMEE UAM Aztcapotzalco abril 2006.

d) Congreso de COPEI Cancún mayo 2006.

CURRICULUM VITAE

Nombre: Patricia Cortés Pineda.
Lugar de nacimiento: México D.F.

Escolaridad:

a) Bachillerato.
Escuela Medido Superior C.E.T.I.S. No. 50
Especialidad: Técnico en programación 1984-1987

a) Licenciatura.
Instituto Politécnico Nacional, E.S.I.M.E. Culhuacan
Carrera: Ingeniero en Comunicaciones y Electrónica
Especialidad en Comunicaciones. 1989-1994.

Actividad profesional:

a) Secretaría de salubridad y asistencia. Programador en el área administrativa de los estados descentralizados.
Junio 1986 – Enero 1988.

b) Adissitem S.A: de C.V. Técnico en servicio y mantenimiento de computadoras e impresoras.
Marzo 1994-Diciembre 1995.

c) Envases de hojalata Cortés. Subgerente, jefe de personal de compras, facturación y nómina, supervisión de la línea de preproducción y de personal.

Diciembre 1996 a la fecha.

d) Instituto Politécnico Nacional, E.S.I.M.E. Culhuacan

- Profesora de la carrera de ingeniería en comunicaciones y electrónica en las materias de:
  - Computación I (circuitos lógicos)
    Febrero 1995- Diciembre 1995
  - Comunicaciones analógicas
    Agosto 2005- Diciembre 2005
  - Maquinas eléctricas.
    Enero 2006- Julio2006
  - Métodos numéricos.
    Enero 2006- Julio2006.

Ponencias.

a) Análisis de imagen por medio de fractales, Congreso CIMEE UAM Aztcapotzalco abril 2006.

CURRICULUM VITAE

Nombre: José Damaso Méndez Carbajal
Nacionalidad : Mexicana
EDUCACIÓN

- Ingeniería en Comunicaciones y Electrónica, Instituto Politécnico Nacional, Feb. 1997.
- Cursos Adicionales en la formación profesional:
  - 2004 Introducción a ISO 9000; Impartido por CENCADE; México D. F., Análisis y Mapeo de Procesos, México D. F., MPLS: Teoría y Practicas; México D. F. 2003 Redes TCP-IP; Impartidos por Bestel S.A. de C. V. México D. F.
  - 2000 Operación y Mantenimiento del TN-16X; Operación y Mantenimiento del TN-4XE; Impartidos por Nortel Networks; México D. F.
  - 2000 HP Open View Network Node Mgr. Admon; Impartido por Hewllett Packard; México D. F.
  - 1998 Tandem System Management, Problem Solving for Tandem Operators; Impartidos por Compaq; México D. F.
  - 1997 SoftwareTechnology; Impartido SOFTEACH; Universidad Anahuac, México D. F.
  - 1996 Liderazgo y Autoestima; Impartido ESIME UPC; México D. F.

EXPERIENCIA PROFESIONAL
Ingeniero de Gestión, BESTEL S.A. de C.V. (Telefonica Larga Distancia) Feb. 2002 – A la Fecha, México D.F
Ingeniero de Gestión ROC, GLOBAL CROSSING (Carrier a nivel Mundial) Ago. 2000 – Feb. 2002,México D.F
Administrador de la Red Nacional de Citibank. Electronic Data Systems (EDS). Nov. 1998 – Ago. 2000, México D.F
Supervisor Red Nacional de Cajeros, BITAL (Banco) Oct. 1997 – Nov. 1998, México D.F
CONFERENCIAS IMPARTIDAS:

- 2002 Telecomunicaciones; Impartida por José D. Méndez; Conalep Plantel Aeropuerto, México D. F.
- Análisis de imagen por medio de fractales, Congreso CIMEE UAM Aztcapotzalco abril 2006.

Av. Panamericana No. 240 E11-404, Col. Pedregal de Carrasco, Coyoacán, México, D.F.
Tel. 56665761.macv203@hotmail.com
Cel. 044 55 2300 0161

Miguel Ángel Carrillo Valencia

Experiencia

2006 **Radio UNAM** México D.F.
Jefe del Departamento de Operación de Grabación y Transmisión.
2004-2006 Jefe de Plantas Transmisoras.
SIRT S. A. de C.V. México, D.F.
Gerente de Proyectos de Estaciones de Radio y Televisión.
1989-2006 **Escuela Superior de Ingeniería en Comunicaciones y**
Electrónica, Plantel Culhuacán. México, D.F.
Profesor de la Academia de Electromagnetismo.
1997-2001 **Richardson Electronics, S. A. de C.V**. México, D.F.
Gerente de Distrito en Broadcast.
1992-1997 **SAHAB, S.A. de C.V.** México, D.F.
Gerente de Proyectos y Representante de Ventas, especializado en Licitaciones.

1984-1992 **Instituto Mexicano de la Radio** México, D.F.
Jefe del Departamento de Supervisión Técnica A Redes.

1978-1984 **Procuraduría General de la República** México, D.F.
Supervisor de Mantenimiento y Laboratorio a equipo de la red de transmisores de BLU, FM y AM.

1975-1978 **RTC, Secretaría de Gobernación** México, D.F.
Ingeniero de Instalaciones y Servicio a Transmisores de Televisión para la Red televisora de Televisión Cultural de México.

Formación

1970-1974 Escuela Superior de Ingeniería en Comunicaciones y
Electrónica, del I.P.N.
Licenciatura de Ingeniería en Comunicaciones y Electrónica,
con especialidad en Comunicaciones.

Cursos de Capacitación en transmisores de Radio , Televisión y elementos relacionados con las estaciones transmisoras, como:
Harris, Linear, Larcan, BE, Motorola, Jampro, etc.