

# ANALISIS DE AUTOSIMILARIDAD PARA FUENTES SINTETICAS DE VIDEO

JOHN EDISON RIVAS RAMIREZ

UNIVERSIDAD CATOLICA DE MANIZALES

INGENIERIA TELEMATICA

JULIO 2013



Universidad  
Católica  
de Manizales

**ANALISIS DE AUTOSIMILARIDAD PARA FUENTES SINTETICAS DE VIDEO**

**JOHN EDISON RIVAS RAMIREZ**

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE MANIZALES  
FACULTAD DE INGENIERIA  
INGENIERIA TELEMÁTICA  
MANIZALES  
JULIO 2013**

**ANALISIS DE AUTOSIMILARIDAD PARA FUENTES SINTETICAS DE VIDEO**

**JOHN EDISON RIVAS RAMIREZ**

**TRABAJO DE GRADO**

**ASESOR  
ING. JAIME ALBERTO SEPÚLVEDA**

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE MANIZALES  
FACULTAD DE INGENIERIA  
INGENIERIA TELEMÁTICA  
MANIZALES  
JULIO 2013**



## INDICE

	<b>Página</b>
Introducción.....	1
1. Formulación del Problema .....	2
2. Objetivos de la Investigación .....	3
2.1. Objetivo General	
2.2. Objetivos Específicos	
3. Justificación .....	4
4. Marco Teórico .....	5
4.1. Movimiento Fractal Browniano (FBM)	
4.2. Coeficiente de HURST	
4.3. Fuentes sintéticas de video	
4.4. Codificación	
4.5. Autosimilaridad	
5. Antecedentes del Problema.....	24
6. Estrategia Metodología .....	25
6.1. Etapa de contextualización	
6.2. Etapa de Implementación	
6.3. Etapa de Análisis	
7. Conclusiones.....	61
8. Glosario .....	63
9. Bibliografía.....	68



## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Construcción de grupos en la metodología del (R/S).

Figura 2. Valores del exponente de Hurst (H)

Figura 3. Cadenena típica de codificación

Figura 4. Resultado de la función FBM (Función Movimiento Browniano)

Figura 5. Grafica resultante método de Estadístico R/S

Figura 6. Coeficiente de Hurst resultante, método estadístico R/S

Figura 7. Grafica resultante método Periodograma

Figura 8. Parámetro de Hurst bajo el método Periodograma

Figura 9. Grafica resultante método Varianza Tiempo

Figura 10. Parámetro de Hurst resultante, método Varianza Tiempo



## INTRODUCCION

Desde los años 90's se investiga visiblemente en el desarrollo de la codificación de video totalmente involucrada en esta tarea esta la ITU-T (Ente encargado de regularizar los procesos y dictar recomendaciones a nivel universal) hoy en día aún es percusor en este campo de las telecomunicaciones;

La codificación de video es el proceso en el cual se logra convertir señales de video análogo a digital con el propósito de comprimir su tamaño, en la actualidad existen estándares que han evolucionado con el pasar del tiempo.

Se generaran fuentes de video sintéticas usando las series de FBM bajo un código en MATLAB, el resultado emulara las tramas de video las cuales se usaran para hallar el parámetro de HURST el cual nos indicara el nivel de autosimilaridad de dicha serie de información, de esta forma se podrá concluir si es viable optimizar la transmisión de tramas visuales a través de la red IP

con resultados más profesionales de alta calidad, en esta investigación se profundizara en la relación entre la codificación y la autosimilaridad este último un concepto el cual se define como la propiedad que tiene un objeto, imagen o fragmento en ser similar a otro o medianamente parecido.



## 1. FORMULACION DEL PROBLEMA

La transmisión de video por medio de la red de redes Internet se ha popularizado hoy en día es intenso el uso de estas herramientas informáticas, sin embargo hay limitantes, debido a la calidad de los videos hacen que la información a transmitir por medio de la red sea en mayor cantidad de Bits, si no se cuenta con una infraestructura computacional optima la calidad de los videos se verá afectada ocasionando fallas en las imágenes, pixelaciones o congelamientos ocasionando retrasos en la reproducción On line.

Debido a estas razones se originó la motivación de esta investigación de la cual se podrán extraer conclusiones al respecto.



## 2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

### 2.1 OBJETIVO GENERAL

Generación de fuentes de video sintéticas y analizar el nivel de autosimilaridad usando el coeficiente de Hurst calculado automáticamente por medio de métodos implementados en MATLAB.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Generar fuentes sintéticas de video a partir del modelo geométrico FBM (Movimiento Fractal Browniano) con funciones en MATLAB
- Diseño de programas en MATLAB para usar técnicas con las cuales se calcula el parámetro Hurst (H).
- Lectura de los resultados obtenidos al hallar el coeficiente de Hurst (H).





### 3. JUSTIFICACIÓN

En busca de optimizar los la reproducción de video On line sin perder de vista la calidad en la transmisión de información a través de las redes de datos IP se pueden realizar investigaciones desde diferentes frentes en pro de mejoras a nivel del proceso codificación de video.

El coeficiente de Hursts es un sistema estadístico desarrollado para calcular el nivel de autosimilaridad, empleado en diversas áreas, como la física, economía, medio ambiente entre otras y en este caso en particular la informática.

Es clave identificar hasta qué punto es posible codificar la información que contiene determinada fuente de video, de esta forma se lograría un mejor rendimiento de la red en la difusión de videos sin necesidad de saturar los canales de Internet con la transmisión de información (Bits) en cierta cantidad repetida.



## 4. MARCO TEORICO

### 4.1 Movimiento Browniano Fraccional

La necesidad de modelar la evolución en el tiempo de ciertos fenómenos aleatorios. Por ejemplo, las crecientes del río Nilo fueron estudiadas por el inglés Harold Edwin Hurst quien observó un comportamiento cíclico consistente en que durante siete años consecutivos el nivel de las crecientes era mayor que en los siguientes siete años, lo cual creaba a su vez un ciclo de siete años de abundancia y siete años de escasez. Hasta ese momento se pensaba que no había dependencia del comportamiento de las crecientes entre un año y otro.

La investigación de Hurst motivó el estudio del proceso que ahora conocemos como movimiento browniano fraccional, fuente de numerosas investigaciones por sus aplicaciones en áreas como hidráulica, meteorología, comunicaciones y finanzas. En áreas de investigación como la estadística, la física y las comunicaciones se consideran la evolución de ciertos fenómenos aleatorios tanto en el tiempo como en el espacio, dando origen al estudio de procesos estocásticos en dos parámetros.

Durante la década de los 70 se publicaron numerosos artículos acerca de esta clase de procesos, destacándose el trabajo realizado por Wong & Zakai (1974) quienes presentaron la teoría más relevante de estos procesos.

La hoja browniana ( $hB_f$ ) es una generalización a dos parámetros del movimiento browniano. Por ser un proceso markoviano y una semimartingala se le han adaptado cálculos análogos a los desarrollados por otro. En Wong & Zakai (1974) se presenta la integral estocástica respecto a la hoja browniana y una representación de martingalas en dos parámetros mediante esta clase de integral.

En los últimos años se ha despertado un gran interés por el estudio de procesos que presentan dependencia a gran distancia y no son semimartingalas, como es el caso del movimiento browniano fraccional.

Los procesos estocásticos autosimilares son procesos cuyas trayectorias son equivalentes si se reescalan adecuadamente el tiempo y la amplitud. Esto es,  $\{X_t\}_{t \in I}$  es autosimilar si al hacer un cambio de escala en el tiempo por un factor  $\alpha > 0$ , existe un factor  $C_\alpha > 0$  que hace un cambio de escala en la amplitud tal que  $\{X(\alpha t)\}_{t \in I} \stackrel{d}{=} \{C_\alpha X_t\}_{t \in I}$ , donde  $\stackrel{d}{=}$  denota la igualdad de las distribuciones finito dimensionales de los procesos. La función  $C_\alpha$  está dada por  $\alpha^{-H}$  para algún  $H > 0$ . A la constante  $H$  se le llama el índice de autosimilaridad o parámetro de Hurst (Figueroa 2000). De manera formal se tiene:

Definición 2.1. Un proceso estocástico  $\{X_t\}_{t \in \mathbb{R}^+}$  es autosimilar, si existe  $H > 0$  tal que para todo  $\alpha > 0$  se satisface  $X_{\alpha t} \stackrel{d}{=} \alpha^{-H} X_t$  (2.1)

En este caso, decimos que  $\{X_t\}_{t \in \mathbb{R}^+}$  es  $H$ -ss, esto es, un proceso autosimilar con parámetro  $H$ . Intuitivamente, si un proceso es autosimilar entonces las trayectorias de  $X_{\alpha t}$  y  $\alpha^{-H} X_t$  aun cuando no son idénticas, son similares visualmente. El más estudiado es el movimiento browniano fraccional que definiremos a continuación:

**Definición 2.2.** Un movimiento browniano fraccional (mBf) con parámetro de Hurst  $H \in (0,1)$ ,  $W^H = \{W^H_t : t \in \mathbb{R}^+\}$  es un proceso gaussiano centrado cuya función de covarianza está dada por:

$$R(s, t) = E(W^H_t W^H_s) = \frac{1}{2}(t^{2H} + s^{2H} - |t - s|^{2H}) \quad (2.2)$$

Este es un proceso autosimilar, con incrementos estacionarios y media finita.  
Admite una versión continua y se puede representar de la siguiente forma,

$$W_t^H = \frac{1}{C(H)} \int_{\mathbb{R}} f_H(t, u) dB_u$$

$$\text{donde } f_H(t, u) = (t - u)_+^{H-\frac{1}{2}} - (-u)_+^{H-\frac{1}{2}} \in L^2(\mathbb{R}) \text{ con } a_+ = \max\{a, 0\},$$

$$C_H = \int_{\mathbb{R}} f_H^2(1, u) du = \left\{ \int_0^\infty \left[ (1+u)^{H-\frac{1}{2}} - u^{H-\frac{1}{2}} \right]^2 du + \frac{1}{2H} \right\}^{1/2} \text{ y } \{B_t : t \geq 0\} \text{ es}$$

El movimiento browniano estándar (mB). La siguiente representación integral del mBf sobre un intervalo finito permite hacer algunas construcciones y cálculos estocásticos respecto al mBf.  $W_t^H = \int_0^t \int_0^s K_H(t, s) dB_s$  donde B es un mB y el núcleo  $K_H$  está dado por:

$$K_H(t, s) = \left[ \zeta_H (t-s)^{H-\frac{1}{2}} + \zeta_H \left( \frac{1}{2} - H \right) \int_s^t (u-s)^{H-\frac{3}{2}} \left( 1 - \left( \frac{s}{u} \right)^{\frac{1}{2}-H} \right) du \right] 1_{(0,t)}(s)$$

Y

$$\zeta_H = \left( \frac{2H\Gamma\left(\frac{3}{2} - H\right)}{\Gamma\left(H + \frac{1}{2}\right)\Gamma(2 - 2H)} \right)^{\frac{1}{2}}$$

El núcleo  $K_H$  satisface que

$$\int_0^{t \wedge s} K_H(t, u) K_H(s, u) du = \text{Cov}(B_t^H, B_s^H)$$

donde  $t \wedge s = \min\{t, s\}$ .

## 4.2 EXPONENTE DE HURST

El coeficiente o exponente de Hurst es una medida de independencia de las series de tiempo que fue estudiada inicialmente por el científico británico Harold Edwin Hurst (1880-1978), como elemento para distinguir series fractales.

Hurst descubrió que muchos fenómenos naturales exhiben un comportamiento que puede ser caracterizado por un proceso aleatorio sesgado, en el cual existe “memoria de largo plazo” entre las observaciones, es decir, que los eventos de un periodo influyen en todos los siguientes.

Posteriormente, las ideas de Hurst fueron retomadas por Benoit B. Mandelbrot quien generalizó su trabajo y lo llamó análisis de rango reescalado (R/S), definido como un método estadístico utilizado para evaluar la ocurrencia de eventos poco comunes, dando origen a una herramienta ideal para procesos físicos y financieros, aunque no se limita solamente a este tipo de eventos, por lo que puede ser usado en cualquier serie de tiempo (Gutierrez, 2008).

Análisis de Rango Reescalado (R/S) el permite encontrar el parámetro o exponente de Hurst, el cual es un valor numérico que hace posible determinar la auto-correlación en una serie de datos. A continuación se describe la metodología desarrollada por Hurst: [2]

1. Se inicia con una serie de tiempo de tamaño  $M$ , pero como interesa los rendimientos logarítmicos entonces la serie original se reduce a una nueva serie de tiempo de tamaño  $N=M$  donde cada rendimiento está definido por:

$$N_i = \log \left( \frac{M_{i+1}}{M_i} \right), \quad i = 1, 2, 3, \dots, N \quad (1)$$

2. Este periodo de tiempo  $N$  se divide en  $A$  subperiodos contiguos de longitud  $n$ , tal que  $A * n = N$ . Se nombra cada uno de los subperiodos o subgrupos  $la$ , con  $a = 1, 2, 3, \dots, A$ . Cada elemento en  $la$ , es etiquetado  $N_{k,a}$ , tal que  $k = 1, 2, 3, \dots, n$ . Para cada subperiodo  $la$  de longitud  $n$ , el valor promedio está definido por la siguiente expresión:

$$e_a = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n N_{k,a} \quad (2)$$

3. Las diferencias de cada elemento  $N_{k,a}$  con respecto a la media era para cada subperiodo  $la$  se van sumando para obtener la serie de tiempo acumulada  $(X_{k,a})$ , definida como:

$$X_{k,a} = \sum_{i=1}^k (N_{i,a} - e_a), \quad k = 1, 2, 3, \dots, n. \quad (3)$$

4. El rango  $R_{la}$  se define como la diferencia entre el valor Máximo y el valor mínimo de  $X_{k,a}$  para cada subperiodo  $la$ :

$$R_{la} = M_{\max}(X_{k,a}) - M_{\min}(X_{k,a}), \quad \text{donde } 1 \leq k \leq n. \quad (4)$$

5. Se calcula la desviación estándar muestral  $SI_a$  de la forma tradicional para cada periodo  $la$ :

$$SI_a = \left( \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (N_{k,a} - e_a)^2 \right)^{1/2} \quad (5)$$

6. Para cada periodo  $la$ , su rango  $Rla$  se normaliza dividiendo por su desviación estándar muestral  $SIa$  correspondiente. Por lo tanto el rango reescalado para cada subperiodo  $la$  es igual a  $Rla/SIa$ . Como tenemos periodos continuos de longitud, entonces tomamos el valor promedio  $R/S$  para periodos de longitud  $n$  y que está definido como:

$$(R/S)_n = (1/A) \sum_{a=1}^A (Rl_a/SI_a) \quad (6)$$

7. La longitud  $n$  o el tamaño del subperiodo se incrementa al siguiente valor posible de tal forma que sea un valor entero. Iniciamos con el valor más pequeño de acuerdo a la condición anterior y se repiten los pasos del 1 al 6 hasta  $n = (M-1)/2$  utilizando siempre la serie completa (ver Figura 1). Posteriormente aplicamos una regresión de mínimos cuadrados de  $\log(R/S)_n$  contra  $\log(n)$ . La ordenada al origen es el  $\log(c)$  y la pendiente de la ecuación es la estimación del exponente Hurst  $H$ .

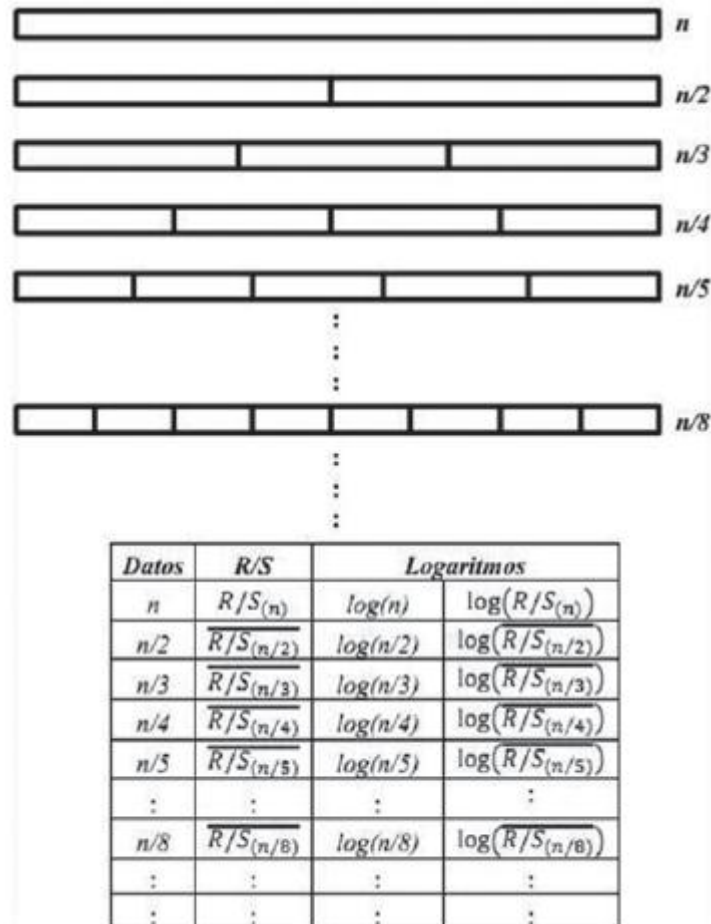


Figura 1. Construcción de grupos en la metodología del (R/S).

Fuente: Moros, 2010.

Valores del coeficiente de Hurst Si  $H=0.5$  (ruido blanco) implica un proceso completamente aleatorio e independiente, con ausencia de correlación entre los incrementos de la señal. Correlación = 0. Si  $0.5 < H \leq 1$  implica series de tiempo que muestran procesos persistentes o correlacionados (un periodo de crecimiento es seguido de otro análogo) y presentan un aspecto suave. Una serie persistente





está caracterizada por efectos de memoria de largo plazo. Teóricamente lo que suceda hoy impactará en el futuro por siempre, todos los cambios diarios están correlacionados con todos los cambios futuros. Se ha encontrado que las series persistentes son las más comunes en la naturaleza. Un  $H=1$  indicaría un comportamiento determinístico. A este comportamiento también se le atribuye el nombre de Ruido Negro, ya que se relaciona con procesos cíclicos de largo plazo, como niveles de ríos, cambios de precios en la bolsa de valores, entre otros. Si  $0 \leq H < 0.5$  corresponde a un comportamiento de anti-persistencia o anti-correlacional en la serie de tiempo (un periodo de crecimiento es seguido de otro de decrecimiento) que se caracteriza por un mayor contenido de alta frecuencia. Un incremento en los sucesos del pasado, supone un descenso en los sucesos futuros y viceversa. Un sistema anti-persistente tiende a regresar constantemente al lugar de procedencia y tienen la particularidad de ser señales muy irregulares. A este tipo de comportamientos se le conoce también como Ruido Rosa y se caracterizan por que abundan en la naturaleza y se encuentran relacionados con procesos de turbulencia. [3] En 1975 Mandelbrot demostró que el valor del exponente de Hurst ( $H$ ) se encuentra acotado entre 0 y 1, explicando que este fenómeno ocurría debido a un síntoma de invariancia al cambio de escala, que es la característica clave de las series de tiempo fractales. (figura 2) Dimensión fractal

El concepto de dimensión fractal se introduce dado el hecho de que los objetos de la naturaleza en su gran mayoría no cuentan con dimensión entera, es decir, se encuentran en una dimensión fraccionada (claro está que algunos objetos pueden contar con dimensión entera); asimismo, esta dimensión debe ser mayor que su dimensión topológica.

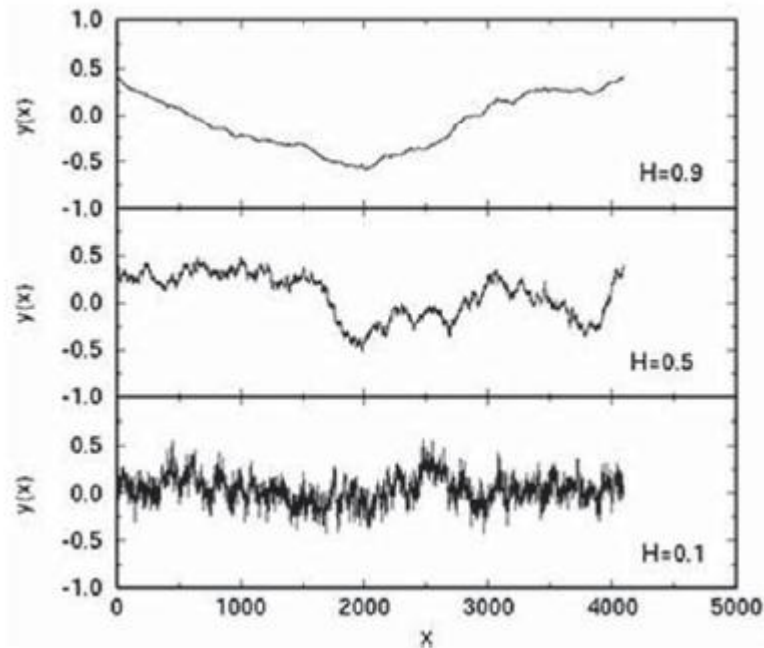


Figura 2. Valores del exponente de Hurst ( $H$ ) en modelos de topología terrestre:  $H = 0,9$ , comportamiento persistente;  $H = 0,5$ , comportamiento aleatorio;  $H = 0,1$ , comportamiento antipersistente. Fuente: Cooperative Phenomena Group.

De una manera más general, la dimensión fractal se puede definir como el número que sirve para cuantificar el grado de irregularidad y fragmentación de un conjunto geométrico o de un objeto natural (Strecker, 2004). Existen varios tipos de dimensión fractal, entre las más utilizadas se encuentran la dimensión de similaridad, la dimensión de Box Counting y la dimensión de Hausdorff-Besicovitch, cada una de estas se enfoca en medir la dimensión de acuerdo con las propiedades de cada objeto fractal y de esta manera obtener diferentes resultados. Todas estas dimensiones concuerdan con el objetivo de encontrar qué tanto espacio ocupa el objeto y su relación con la invariancia de la escala (Gutiérrez, 2008). En la figura 3 se presenta la relación entre la dimensión



euclidiana y la dimensión fractal de algunos objetos. El exponente de Hurst y la dimensión fractal El exponente de Hurst puede ser determinado a partir de la dimensión fractal o viceversa, utilizando la fórmula:

$$D = 2 - H \quad (7)$$

Dado lo anterior, si  $H = 0,5$ , entonces  $D = 1,5$ , lo que significa que los dos valores coinciden con un proceso aleatorio e independiente. Para valores que se encuentren entre  $0.5 > H > 1$ , es decir, series de tiempo persistentes, la dimensión fractal se acercará a una línea con un aspecto de suavidad y menos picos que un proceso aleatorio; para una serie que tome valores entre  $0 < H < 0.5$ , es decir, una serie antipersistente, la dimensión fractal arrojará un valor mayor que la anterior y tomará un aspecto más puntiagudo e irregular que un proceso aleatorio, con tendencia a acercarse cada vez más a una superficie. Estimación del exponente de hurst y la dimensión fractal de una superficie topográfica a través de la extracción de perfiles



### 4.3 FUENTES SINTÉTICAS DE VIDEO

#### 4.3.1 Propiedades del tráfico de video MPEG

El estándar MPEG [3]-[6] (Motion Picture Experts Group, Grupo de Expertos en Imágenes en Movimiento) es ampliamente usado en muchos tipos de aplicaciones. Genera tres tipos de cuadros comprimidos I, P y B. El cuadro I es codificado como imagen única sin referencia de cuadros pasados o futuros. El Cuadro P es codificado teniendo en cuenta la referencia del cuadro pasado. La referencia puede ser un cuadro tipo P o I. La referencia pasada del cuadro es el cuadro precedente más cercano (el anterior). El cuadro B es codificado teniendo en cuenta la referencia del cuadro pasado, la referencia del cuadro futuro, o ambos cuadros. La referencia futura es el cuadro más cercano de tipo I o P. El modelo más usado es el GOP (12,3) "IBBPBBPBBPBB" Estas diferencias de tamaños (en bits, bytes o en celdas ATM) de los diferentes tipos de cuadros generados por el algoritmo de compresión MPEG es el origen del tráfico VBR.

El tráfico de video VBR es auto-similar [7] lo que significa que el tráfico tiene propiedades estadísticas similares en un rango de escalas en el tiempo. Estadísticamente auto-similar se refiere al decaimiento lento de la función de autocorrelación. Las principales características del tráfico auto-similar son las siguientes [8]: El tráfico no es uniforme sobre un período extendido de tiempo El tráfico tiene el mismo comportamiento de escala a través de muchas (o todas) las escalas de tiempo.

La última propiedad implica que el tráfico autosimilar puede ser caracterizado con muy pocos parámetros, de los cuales el más importante es el parámetro hurst

(parámetro de persistencia) el cual indica el grado de dependencia de largo rango  $H$  ( $0.5 < H < 1$ ) [5]-[8]. Algunos métodos de estimación de éste parámetro [9] son la estadística  $R/S$  y el método de la varianza. La mayor parte del tráfico de video VBR tiende a tener  $0.7 < H < 0.9$ . A mayor valor de  $H$  se tiene mayor grado de LRD.

#### **4.3.1. MODELOS DE GENERACIÓN DE TRÁFICO SINTÉTICO DE VIDEO**

##### **Modelos tradicionales y sus deficiencias [7]**

Los procesos de Poisson y Bernoulli, no son adecuados para modelar este tipo de tráfico. El proceso de Poisson por tener un parámetro único es bastante limitado y no puede describir el tráfico de ráfaga presente en las redes. Por otra parte en el proceso de Bernoulli las llegadas no son correlacionadas, siendo la autocorrelación de éste proceso es cero para instantes de tiempo diferentes.

##### **Modelos actuales de generación de tráfico sintético**

Los modelos actuales de generación de tráfico sintético permiten modelar tráfico con características auto-similares.

#### **4.3.2 Modelo TES (Transform-ExpanSample)**

Captura cualquier distribución marginal arbitraria y aproxima bien la auto correlación SRD, sin embargo tiene la desventaja de no capturar adecuadamente la LRD. La distribución marginal se obtiene por inversión del histograma,

La autocorrelación se obtiene generando números aleatorios con restricciones matemáticas sobre qué tan cerca debe estar un número aleatorio con respecto al anterior.



### 4.3.3 Modelo Scene

Trata de capturar el impacto de cambios de escena sobre las variaciones del tamaño de los cuadros. Captura la distribución marginal y la estructura de autocorrelación de los cuadros. Para una escena dada las fluctuaciones de los tamaños de los cuadros sobre su media son modelados como una serie de tiempo auto-regresiva de orden dos. Los tamaños de los cuadros P y B son aproximados usando distribución Lognormal. El modelo de la fuente completa es obtenido mezclando las tres secuencias de acuerdo al modelo dado de compresión.

### 4.3.4 Modelo Hosking

Usa como base el proceso Fractional-ARIMA ("Auto-Regressive Integrate Moving Average") y técnicas de transformación matemáticas. Mantiene un buen compromiso en el grado de captura de LRD, SRD y de la distribución marginal.

[18] Generación fuentes sintéticas de video

En este trabajo se usó una fuente sintética de video, simulando tramas de video generadas desde MATLAB por medio del Movimiento Fractal Browniano, con una traza de 80000 datos para analizar y calcular el nivel de autosimilaridad.



#### 4.4.1 CODIFICACION

**Definición:** La codificación de video sirve para convertir señales de video analógico a señales de video digital. La mayoría de codificadores comprimen la información para que pueda ser almacenada o transmitida ocupando el mínimo espacio posible. Para conseguirlo se aprovecha que las secuencias de video tienen redundancia en las dimensiones espacial y temporal. Por lo tanto, eliminando dicha información redundante se consigue codificar la información de manera más óptima.

Para eliminar la información redundante en el plano temporal se utiliza la predicción por compensación de movimiento, donde se estima el movimiento entre bloques sucesivos de la imagen. Los bloques son formados por grupos de píxeles, generalmente de 8x8 o 16x16. Posteriormente se codifica la información de los vectores de movimiento y del error de predicción respecto al bloque anterior.

Desde principios de los 90's, el grupo de expertos en codificación de video (VCEG, Video Coding Expert Group) de la Unión Internacional de Telecomunicaciones – Sector Telecomunicaciones (ITU-T, International Telecommunication Union-Telecommunication sector) y el grupo de expertos para imágenes en movimiento (MPEG, Moving Picture Expert Group) de la ISO/IEC, enfocaron sus investigaciones en las diferentes técnicas de codificación de video para diversas aplicaciones. En un inicio, la ITU-T desarrolló el estándar H.261 (ITU-T H261, 1993) para aplicaciones de video conferencia; por otra parte, MPEG procesó el MPEG-1 (ISO/IEC 11172-2:1993,1993), cuya intención inicial era para el almacenamiento de video en disco compacto



(CD). Posteriormente, el grupo MPEG desarrolló el estándar MPEG-2 como una extensión del MPEG-1, cuya aplicación inicial era televisión digital estándar (SDT) y televisión de alta definición (HDTV) (ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, 1994). Al mismo tiempo, la ITU-T lo adoptó como el estándar H.262 (ITU-T H.262, 2000). Estos estándares basan su operación por la división en rebanadas de los cuadros de video de entrada. A su vez, estas rebanadas de video se subdividen en macrobloques, que por último se dividen en bloques. Debido a la necesidad de cubrir un mayor rango de aplicaciones, la ISO/IEC desarrolló el estándar MPEG-4 parte 2, que puede operar de dos formas, la primera se basa en la división de los cuadros de entrada en porciones de video llamadas rebanadas de video, y la segunda, en la segmentación de objetos de video para que el usuario pueda interactuar con ellos o, simplemente para codificar cada objeto por separado (ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, 2000). Este estándar consta de varios perfiles que manejan diferentes velocidades binarias compatibles con diferentes aplicaciones. A la par del surgimiento del MPEG-4 parte 2, y para obtener mayor compresión que en el H.261, la ITU-T desarrolló el estándar H.263 para aplicación en video teléfonos y compatible con el MPEG-4 parte 2 perfil avanzado. El grupo de expertos de la ITU-T y el grupo de expertos de la ISO/IEC, se unieron para conformar el equipo conjunto de video (JVT, Joint Video Team) y trabajar en el desarrollo de un nuevo estándar, con un mejor desempeño, tanto en la calidad de video como en la eficiencia de codificación. El nombre del nuevo estándar es el H.264 o MPEG-4 parte 10 (ITU-T H.264, 2003) y cuenta además con especificaciones simples de su sintaxis, lo cual proporciona una mejor integración con todos los protocolos actuales y arquitecturas múltiples. Esto permite incluir otras aplicaciones, tales como la transmisión de video y video conferencia en redes fijas e inalámbricas y en diferentes protocolos de





Transporte. El grupo de expertos de la ITU-T y el grupo de expertos de la ISO/IEC, se unieron para conformar el equipo conjunto de video (JVT, Joint Video Team) y trabajar en el desarrollo de un nuevo estándar, con un mejor desempeño, tanto en la calidad de video como en la eficiencia de codificación. El nombre del nuevo estándar es el H.264 o MPEG-4 parte 10 (ITU-T H.264, 2003) y cuenta además con especificaciones simples de su sintaxis, lo cual proporciona una mejor integración con todos los protocolos actuales y arquitecturas múltiples. Esto permite incluir otras aplicaciones tales como la transmisión de video y video conferencia en redes fijas e inalámbricas y en diferentes protocolos de transporte.

El H.264 cuenta con los mismos elementos o bloques funcionales que sus antecesores, ya que también adopta un algoritmo híbrido de predicción y transformación para la reducción de la correlación espacial y de la señal residual, control de la velocidad binaria o bit rate, predicción por compensación de movimiento para reducir la redundancia temporal, así como la codificación de la entropía para reducir la correlación estadística. Sin embargo, lo que hace que este estándar proporcione mayor eficiencia de codificación, es la manera en que opera cada bloque funcional. Por ejemplo, el H.264 incluye predicción intra cuadro (INTRA), característica única de este estándar (Huang, 2005); transformación por bloques de 4x4 muestras, cuyos coeficientes transformados resultan enteros (Wien, 2003), anteriormente, se incluía transformación de 8x8 muestras, referencia múltiple para predicción temporal, tamaño variable de los macrobloques a comprimir, precisión de un cuarto de píxel para la compensación de movimiento, filtro de desbloqueo (List, 2003), codificador de entropía mejorado. Todas estas mejoras vienen acompañadas de un aumento en la complejidad de la implementación.



Los canales inalámbricos suelen agregar mucho ruido a la señal original y no se puede llevar a cabo la recepción perfecta de la misma; cualquier error en la decodificación de un bit puede propagarse a bloques subsecuentes o incluso a cuadros subsecuentes, degradando la calidad subjetiva de la imagen. El H.264 utiliza métodos para incrementar la resistencia a errores. Por ejemplo, utiliza el ordenamiento flexible de macrobloques (FMO), la transmisión de rebanadas redundantes de cuadros de video e incluye el particionamiento de datos, que también es utilizado en los estándares previos.

En el H.264, al igual que en sus antecesores, se definen diferentes perfiles y niveles dentro de cada uno, los cuales especifican restricciones en el tren de bits o bitstream. Cada perfil especifica un conjunto de características y los límites del decodificador, aunque los codificadores no requieren de ningún conjunto particular de características de un perfil. Los niveles especifican los límites de los valores que deben tomar los elementos de la sintaxis de la recomendación o estándar. En cada perfil se utiliza la misma definición de niveles, pero las aplicaciones individuales sólo pueden utilizar un nivel diferente en cada uno. Por lo general, la carga de procesamiento del decodificador y la capacidad de memoria para un perfil dado se desprende de los diferentes niveles.

En la primera versión del H.264 existen tres perfiles, el línea base o baseline, el principal o main y el extendido o extended. El perfil línea base se aplica a los servicios de conversación en tiempo real, como video conferencia y video teléfono. El perfil principal es para aplicaciones de almacenamiento digital de video y datos, así como de transmisión de televisión. El perfil extendido es aplicable también a servicios de multimedia



En Internet. La figura 1 muestra la relación que existe entre estos perfiles. La última versión del H.264, define cuatro perfiles altos o superiores, detallados como extensiones del rango de fidelidad (fidelity range extensions) para aplicaciones de distribución de contenido (Sullivan, 2004), así como para edición y post procesamiento (High, High 10, High4:2:2 y High 4:4:4 ). El perfil alto, se desarrolló para procesar video de 8 bits con formato de muestreo de la crominancia de 4:2:0 y para aplicaciones que utilizan alta resolución. El perfil high 10, se desarrolló para procesar video de hasta 10 bits con formato de muestreo 4:2:0 de los cuadros de entrada, para aplicaciones que utilizan alta resolución y mayor exactitud. El perfil high 4:2:2, soporta el formato de muestreo de los cuadros de crominancia de 4:2:2 y hasta 10 bits por muestra de exactitud. El perfil 4:4:4 soporta el formato de muestreo de los cuadros de crominancia 4:4:4 y hasta 12 bits por muestra de exactitud,

## 4.5 AUTOSIMILARIDAD

La autosimilaridad es la propiedad de un objeto (llamado objeto autosimilar) en el que el todo es exacta o aproximadamente similar a una parte de sí mismo, por ejemplo cuando el todo tiene la misma forma que una o varias de sus partes.

Los fractales pueden presentar tres tipos de autosimilitud:

- Autosimilitud exacta. este es el tipo más restrictivo de autosimilitud: exige que el fractal parezca idéntico a diferentes escalas. A menudo la encontramos en fractales definidos por sistemas de funciones iteradas (IFS). Ej.: Los triángulos de Sierpiński permiten observar la autosimilaridad exacta.
- Cuasiautosimilitud o autosimilitud aproximada: exige que el fractal parezca aproximadamente idéntico a diferentes escalas. Los fractales de este tipo contienen copias menores y distorsionadas de sí mismos. Ej.: El brócoli romanesco o coliflor romana es un ejemplo de autosimilaridad aproximada natural.
- Autosimilitud estadística. Es el tipo más débil de autosimilitud: se exige que el fractal tenga medidas numéricas o estadísticas que se preserven con el cambio de escala. Los fractales aleatorios son ejemplos de fractales de este tipo. Ej. Se observa autosimilaridad estadística en las montañas.

Un ejemplo de autosimilaridad la poseen los fractales naturales que son objetos naturales que se pueden representar con muy buena aproximación mediante fractales matemáticos con autosimilaridad estadística. Los fractales encontrados en la naturaleza se diferencian de los fractales matemáticos porque los naturales son aproximados o estadísticos y su autosimilaridad se extiende sólo a un rango de escalas.



## 5. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

Debido al incremento en la demanda que tienen los usuarios finales de redes IP's en la transmisión de videos digitales de forma óptima, es necesario realizar investigaciones cuyos resultados puedan ser usados con el propósito de implementar mejoras las cuales harán que los recursos físicos y lógicos sean aprovechados al máximo, consecuentemente los servicios de video online serán confiables siempre y cuando los usuarios hagan uso de tecnologías más actualizadas, de esta forma se asegurara que la transmisión de paquetes de información será recibida en menor tiempo con la cantidad de información necesaria para no incrementar los procesos de sistema y físicos en los equipos de tipo cliente donde se reproducirán los videos

Es indiscutible que es subjetiva la calidad de transmisión de videos por las redes IP's, esto principalmente se debe a las diferencias entre las tecnologías que hay en el medio y en el destino de la trayectoria por las cuales se distribuyen las tramas de datos.

La parte objetiva se dispone en el tipo de codificación que se emplea para la transmisión de videos ya que cuenta con un diseño preestablecido.

Con esta investigación se busca concluir si aplicando la teoría de autosimilaridad se puede mejorar y optimizar la codificación de video digital de esta manera incrementar la calidad en la transmisión de información en este caso nos compete los videos.



## 6. ESTRATEGIA METODOLOGICA

### 6.1 ETAPA DE CONTEXTUALIZACION

En esta etapa se pretende rodearse de todo aquello que pueda contribuir en el entendimiento de las teorías, leyes que posibilitaran un correcto desarrollo, implementación y desarrollo de esta investigación, básicamente esta etapa la conforma las siguientes actividades:

#### 6.1.1 Lectura de bibliografías

##### **Libro Video Traces for Performance Evaluation**

En este libro se puede consultar una visión global y una guía sobre las trazas de video y su utilización en la investigación en redes

Descripción del funcionamiento, componentes tecnológicos de los videos digitales e imágenes en movimiento

Conceptos fundamentados de métodos estadísticos para calcular el coeficiente de autosimilaridad (Hurst)

##### **Libro Wiley.Self.Similar.Processes.in.Telecommunications.Apr.2007**

Este libro contiene fundamentos sobre la teoría fractal y de autosimilaridad

Autosimilaridad del tráfico en las redes de telecomunicaciones

[4]<http://www.scielo.org.co/pdf/rce/v28n2/v28n2a06.pdf>



### 6.1.1 Codificación de video

Desde los años 90's se investiga visiblemente en el desarrollo de la codificación de video totalmente involucrada en esta tarea esta la ITU-T (Ente encargado de regularizar los procesos y dictar recomendaciones a nivel universal) hoy en día aún es percusor en este campo de las telecomunicaciones;

La codificación de video es el proceso en el cual se logra convertir señales de video análogo a digital con el propósito de comprimir su tamaño, en la actualidad existen estándares que han evolucionado con el pasar del tiempo

con resultados más profesionales de alta calidad, en esta investigación se profundizara en la posible relación entre la codificación y la autosimilaridad este último un concepto el cual se define como la propiedad que tiene un objeto, imagen o fragmento en ser similar a otro o medianamente parecido.

### 6.1.2 Contexto codificación

Codificación:

Se basa en convertir un contenido determinado en un código, para posterior decodificación esto con el propósito de disminuir el peso de la información o protegerla

H.264 o MPEG-4 parte 10:

Es una norma que define un códec de vídeo de alta compresión, desarrollada conjuntamente por el ITU-T La intención del proyecto H.264/AVC fue la de crear un estándar capaz de proporcionar una buena calidad de imagen con tasas binarias notablemente inferiores a los estándares previos (MPEG-2, H.263 o MPEG-4 parte 2) además de no incrementar la complejidad de su diseño.



Los dispositivos de codificación y decodificación se denominan CoDec (Codificadores / Decodificadores).

En <http://www.scielo.org.mx/pdf/iit/v8n3/v8n3a4.pdf>

#### **6.1.4 Codificación de video**

Las técnicas utilizadas para la digitalización del video incluyen los siguientes Conceptos:

##### **Predicción**

Mediante este proceso, se trata de “predecir” el valor de ciertas muestras en función de otras, de manera de poder enviar únicamente como información la diferencia, la que típicamente requiere menor ancho de banda para ser transmitida. En el receptor, la misma predicción es realizada, y se le aplica la diferencia (o el valor residual) que es enviado por el codificador.

Dada la alta redundancia de información que tienen típicamente las escenas de video, esta predicción se puede realizar tanto dentro de un mismo cuadro, como entre cuadros.

##### **Transformación**

Los valores relacionados a las muestras pueden ser transformados en otro conjunto de valores equivalentes, que representan la misma información de manera diferente (por ejemplo, una misma señal puede ser representada por





Su amplitud en el tiempo o en el dominio de la frecuencia). En video se utiliza típicamente la “Transformada Discreta del Coseno” o DCT por sus siglas en inglés Codificación de voz y video

## Cuantización

Es el proceso mediante el cual se asigna un valor “entero” a un número “real”.

En función de la cantidad de enteros utilizados (o la cantidad de bits necesarios para su presentación), el proceso de cuantificación puede introducir más o menos distorsión respecto al valor original.

## Codificación entrópica (Entropy Coding)

Se trata de representar los valores cuantizados de manera de tomar ventaja de las frecuencias relativas con las que aparece cada símbolo. Uno de los conocidos mecanismos de codificación entrópica es utilizar códigos de largo variable (o “VLC” por sus siglas en inglés), de manera de asignarlo a los valores que se repiten con mayor frecuencia los códigos de menor longitud. Una cadena típica de codificación, transmisión y decodificación de video se muestra en la siguiente figura. Las estandarizaciones de ITU-T y ISO/IEC JCT se centran en detallar el proceso de decodificación, resaltado en la figura 1. Estas recomendaciones establecen sintaxis específicas del flujo de información. El objetivo es que cualquier decodificador que cumpla con la recomendación apropiada, pueda reproducir un flujo de video apropiadamente codificado

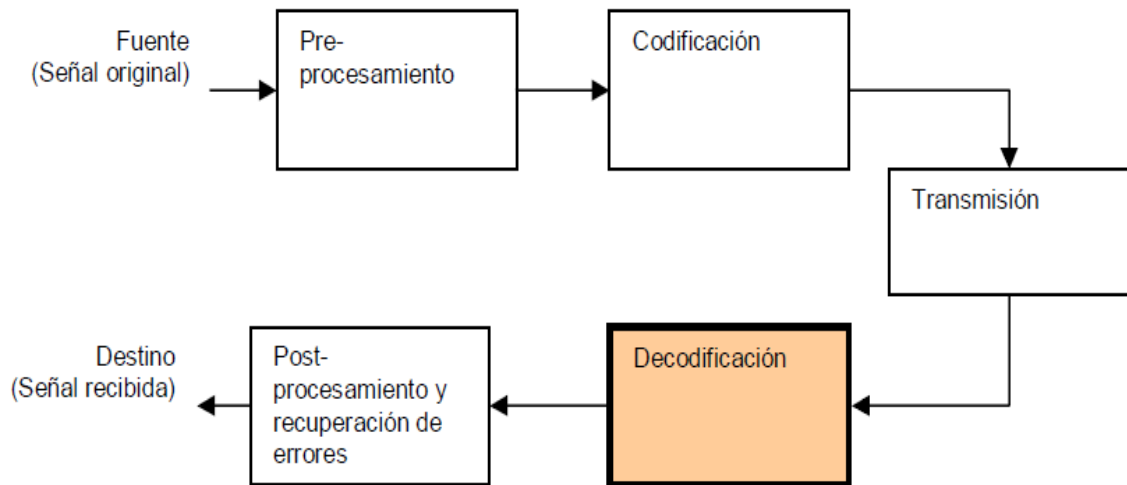


Figura 3. Cadena típica de codificación

### 6.1.5 HURST

Se emplea el método Hurst para realizar una codificación y obtener un dato estadístico cuantificable para la obtención de resultados así se podrán deducir conclusiones;

Una de las pruebas más ampliamente usada para determinar la dimensión fractal de una serie temporal dada es el análisis R/S introducido por Hurst (1951,1956). El estadístico R/S es el cociente entre el rango de las sumas parciales de las desviaciones de las medias de una serie de tiempo y la desviación estándar. Para un vector  $X(t)$  que contiene  $T$  observaciones espaciadas uniformemente en el tiempo desde  $t=1$  hasta  $t=T$ , se define  $X^*(t)$  como

$$X^*(t) = \sum_{u=1}^t x(u)$$

Con varianza muestral dada por

$$S^2(t,s) = s^{-1} \sum_{u=1}^{t+s} x^2(u) - \left[ s^{-1} \sum_{u=1}^{t+s} x(u) \right]^2$$

Para  $s$  observaciones.  $R(t,s)$  se calcula como

$$R(t,s) = \max_{0 < u < s} \left\{ X^*(t+u) - X^*(t) - \left(\frac{u}{s}\right) [X^*(t+u) - X^*(t)] \right\} \\ - \min_{0 < u < s} \left\{ X^*(t+u) - X^*(t) - \left(\frac{u}{s}\right) [X^*(t+u) - X^*(t)] \right\}$$

Y el estadístico R/S se obtiene de  $R(t,s) / S(t,s)$ .

Este análisis es robusto en el sentido de que su comportamiento está influenciado solamente por la persistencia a largo plazo, detecta ciclos no periódicos aun cuando éstos tengan longitud mayor o igual al período muestral en estudio y además es un método sensible para detectar correlaciones a largo plazo en procesos aleatorios. Mandelbrot y Wallis (1969) y Mandelbrot (1975) indican que el análisis R/S también permite deducir que muchos fenómenos naturales no son procesos aleatorios independientes, pero tienen correlación a largo plazo significativa y el R/S » (lag) $H$ , donde lag es un periodo de tiempo dado y  $H$  es el llamado exponente de Hurst. En general, el exponente de Hurst toma valores en el rango  $0 < H < 1$ .



Mandelbrot (1982) define una distribución fractal como aquella en la cual el número de objetos  $N$  con tamaño característico mayor que  $r$ , se relacionan según la ecuación  $N = Cr^{-D}$ , donde  $C$  es una constante de proporcionalidad y  $D$  es un exponente de similaridad o dimensión fractal. También indica que si el exponente de Hurst está en el intervalo  $0,5 < H < 1,0$  se puede relacionar con el exponente de similaridad, según la relación  $D = 2 - H$ , lo cual implica que la dimensión fractal  $D$  es tal que se encuentra en el intervalo  $1,0 < D < 1,5$ . Esto sugiere que aunque las observaciones estén suficientemente distantes unas de otras en el tiempo, no son estadísticamente independientes fuente:

[http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S037818442004001100004&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S037818442004001100004&script=sci_arttext)

En esta investigación se pretende resaltar la importancia que ha tenido y tiene el coeficiente de Hurst, para determinar por medio de series temporales con o sin memoria en el tiempo, El parámetro de Hurst captura la cantidad de dependencia de rango amplio (LRD) en las series de tiempo. Hay varios métodos para estimar el parámetro de Hurst, siendo los más populares: la gráfica de varianza contra tiempo, la gráfica

R/S, el periodograma. Los tres son métodos gráficos, y la precisión de la estimación depende de cómo se interprete y calcule la gráfica el parámetro de Hurst



### 6.1.6 Procesos Autosimilares

Un proceso autosimilar es aquel que tiene el mismo comportamiento cuando se visualiza a diferentes escalas de una dimensión específica ya sea longitud, ancho o tiempo como en este caso. Existen dos tipos de procesos

Autosimilares: los determinísticos y los estocásticos; Un proceso autosimilar es determinístico si tiene patrón que se reproduce exactamente a diferentes escalas temporales y es estocástico si el flujo de datos es un proceso estocástico. Un concepto relacionado con la autosimilitud es la dependencia de largo alcance.

La dependencia de largo alcance puede ser medida con el comportamiento de los coeficientes de autocorrelación de la serie temporal, si este comportamiento decrece como una exponencial, el proceso presenta dependencia de corto término, pero si  $\beta$  el comportamiento decrece de manera hiperbólica la dependencia que se presenta es de largo término. Para un proceso con dependencia de largo término se cumple que: Para que la serie temporal sea autosimilar debe ser mayor que 0 y menor que 1, relacionándolo con el parámetro de Hurst  $H=1 - \beta/2$



## 6.2 IMPLEMENTACION

### 6.2.1 Fuente sintética de video

Primero se estableció una cantidad de datos en esta simulación 80000 (tramas de datos) ver figura 4. Los cuales se usaran como una traza para analizar y calcular el parámetro de Hurst, para lograrlo se generaron las tramas por medio del código FMB generado en Matlab de la siguiente forma:

Código Matlab FBM

% Ajuste del parámetro y la longitud de la muestra en este caso 80000 datos

H = 0.5; lg = 80000;

% Genera y grafica fBm Para H = 0.5

fBm05 = wfbm(H,lg,'plot');

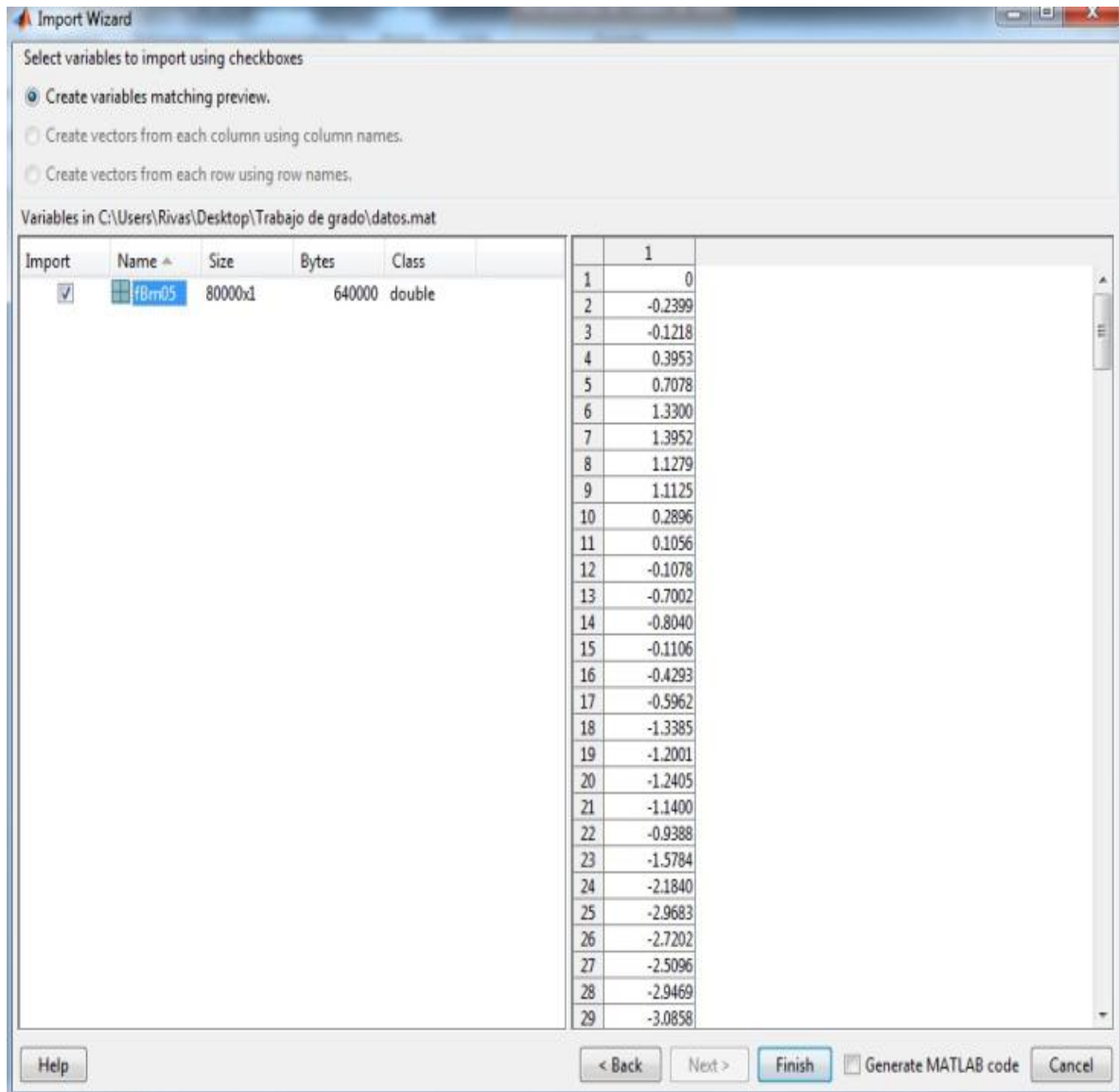


Figura 4. Resultado de la función FBM (Función Movimiento Browniano)

Se generaron 80000 datos, que actuarán como fuente sintética de video para el respectivo análisis y estimación del parámetro de autosimilaridad, usando los siguientes tres métodos;



## 6.2.2 Simulación análisis traza de video bajo el método de Estadístico R/S

### 6.2.3 Código en Matlab cargando 80000 datos como traza (FBM)

Este es el código en el que se calculan y se establecen los valores para las variables que interactuarán en las funciones dentro del método estadístico

```
clc;
clear all;
load datos.mat;
trace=fBm05(:, 1);
tam=size(trace, 1);

per=1/30;
X=0;
x2=0;
S2=0;
sum=0;
media=0;
min=1000;
max=0;

for a=1:tam
    X = X+trace(a);
    x2 = x2+trace(a)^2;
    if trace(a)>max
        max=trace(a);
    end
    if trace(a)<min
        min=trace(a);
    end
end
media=X/tam;
S2=(1/(tam-1))*(x2-(1/tam)*(X)^2);
CoVx=sqrt(S2)/media;
```





```
a1=0;
b1=0;
c1=0;
d1=0;
n1=0;
a=1;
K=10;
for b=log10(10):log10(2):log10(tam)
    d=round(10^b);
    l=K+1-(d*K*a/tam);
    for i=1:l
        ti=floor(((i-1)*tam/(K*a)+1));
        if (ti+d)*a-1 > tam
            ti=ti-1;
        end
        Xn=0;
        for j=0:(d-1)
            Xn1=0;
            for w=((ti+j)*a):((ti+j+1)*a-1)
                %(ti+j)*a
                %(ti+j+1)*a-1
                %j
                %ti
                %i
                %d
                %l
                Xn1=Xn1+trace(w+1);
            end
            Xn1=Xn1/a;
            Xn=Xn+Xn1;
        end
        Xn=Xn/d;
        S2a=0;
        for j=0:d-1
            Xti=0;
            for w=((ti+j)*a):((ti+j+1)*a-1)
```



```
Xti=Xti+trace(w+1)
end
Xti=Xti/a;
S2a=S2a+(Xti-Xn)^2;
end
S2a=S2a/d;
Wmax=0;
Wmin=100000;
Wti=0;
Rti=0;
fin=0;
for k=1:d
    Xti=0;
    for j=0:k-1
        Xn1=0;
        for w=((ti+j)*a):((ti+j+1)*a-1)
            Xn1=Xn1+trace(w+1);
        end
        Xn1=Xn1/a;
        Xti=Xti+Xn1;
    end
    Wti=Xti-k*Xn;
    if Wti > Wmax
        Wmax=Wti;
    end
    if Wti < Wmin
        Wmin=Wti;
    end
end
Rti=Wmax-Wmin;
hold on
plot(log10(d), log10(Rti/sqrt(S2a)), 'ko')
if log10(d)>fin
    fin=log10(d);
end
a1=a1+log10(d);
b1=b1+log10(Rti/sqrt(S2a));
```



```
c1=c1+log10(d)*log10(Rti/sqrt(S2a));
d1=d1+log10(d)^2;
n1=n1+1;
end
end
a1=a1/n1;
b1=b1/n1;
B1=(c1-n1*a1*b1)./(d1-n1*a1^2);
B0=b1-B1.*a1;
q=1:0.01:fin;
hold on
plot(q, (B0+B1*q), 'k'), grid on, title('Estadístico R/S a=1 '), xlabel('Log10(d)'),
ylabel('Log10(R/S)')

format bank
disp('Número de Fotogramas:');
tam
disp('Tamaño Mínimo de Fotograma (Bytes):');
min/8
disp('Tamaño Máximo de Fotograma (Bytes):');
max/8
disp('Tamaño Promedio de Fotograma (Bytes):');
media/8
disp('Suma de Tamaños de Fotogramas (Bytes):');
X/8
disp('Fotograma Pico Respecto a la Media:');
max/media
disp('Varianza de los Tamaños de los Fotogramas:');
S2
disp('Coeficiente de Variación de los Tamaños de los Fotogramas:');
CoVx
disp('Rata de Bits Promedio (bits/seg):');
media/per
disp('Rata de Bits Más Alta (bits/seg):');
max/per
disp('Parametro de Hurst (Estadístico R/S)');
format long
```

$H=B1$

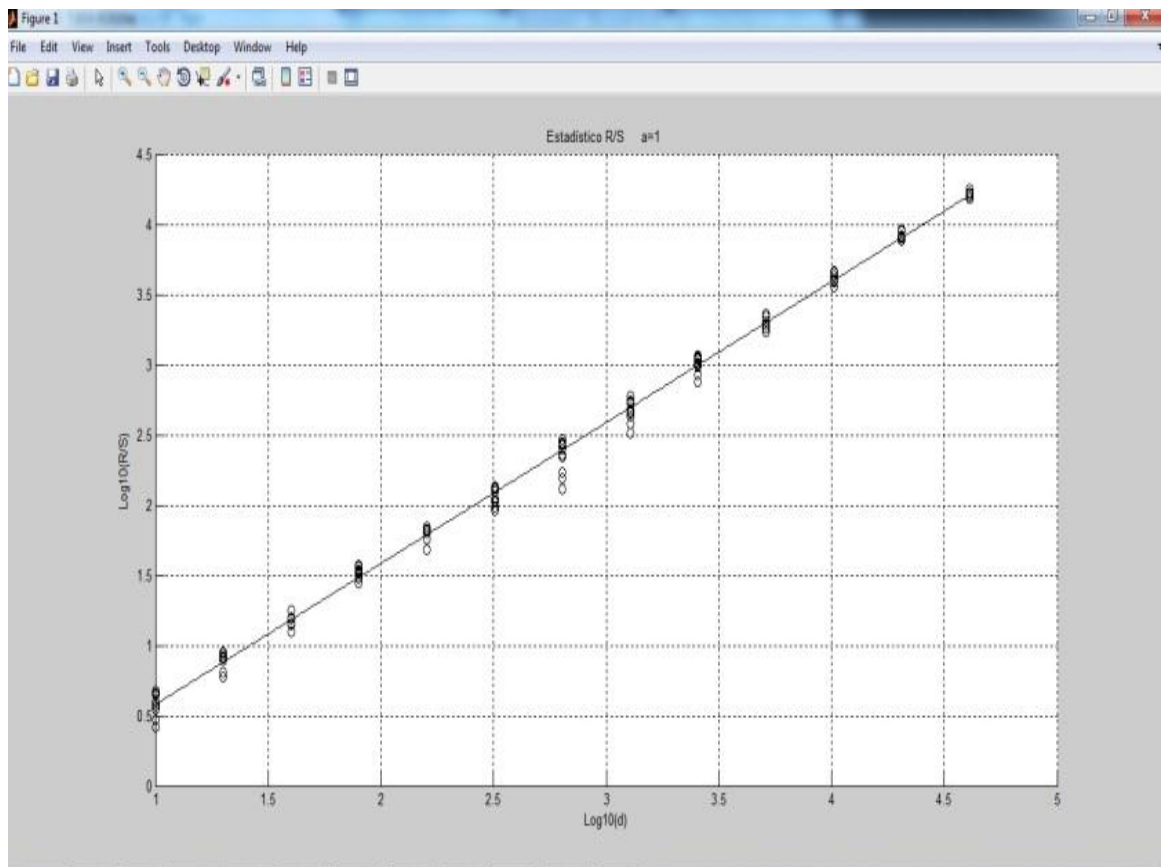


Figura 5. Grafica resultante método de Estadístico R/S

No se observa cambios significativos en la pendiente de la línea recta al ajustar las dos variables es el exponente de Hurst, describe la propiedad de dependencia a largo plazo, mediante un estudio de autocorrelaciones del tráfico agregado, en esta grafica se aprecia claramente el nivel alto de autosimilaridad  $H = 1.00$

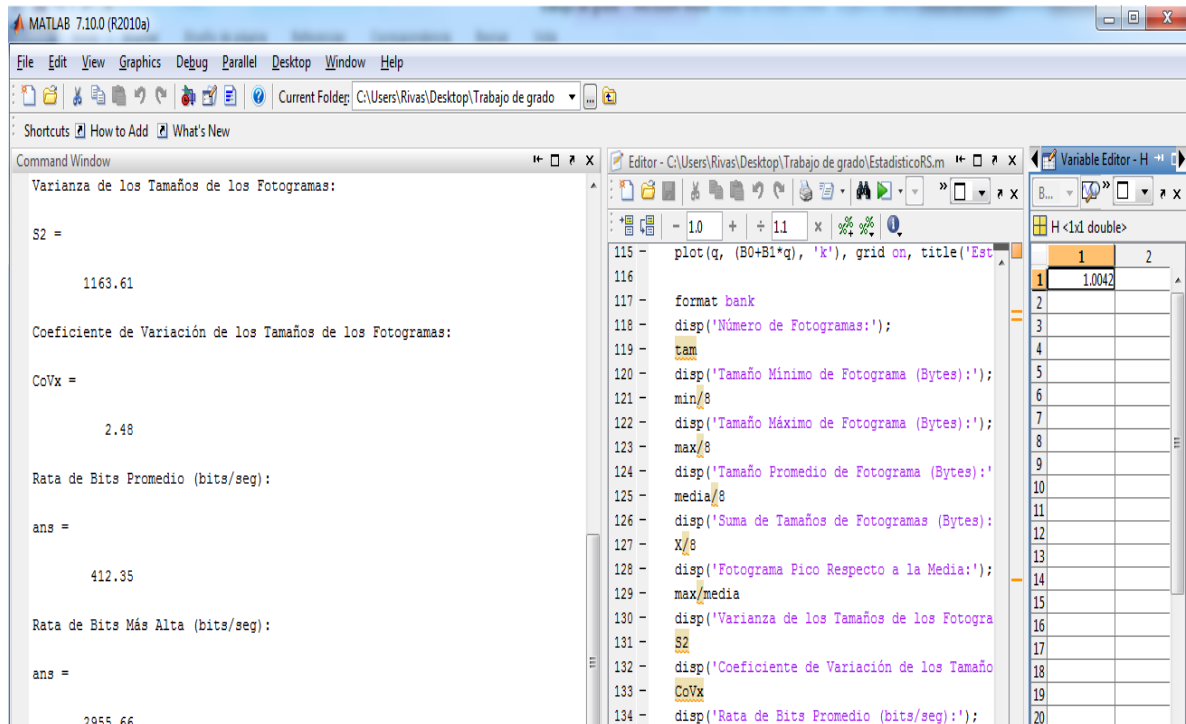


Figura 6. Coeficiente de Hurst resultante, método estadístico R/S

### 6.2.3 Datos resultantes

Número de Fotogramas:

tam =

80000.00

Tamaño Mínimo de Fotograma (Bytes):



ans =

-8.51

Tamaño Máximo de Fotograma (Bytes):

ans =

12.32

Tamaño Promedio de Fotograma (Bytes):

ans =

1.72

Suma de Tamaños de Fotogramas (Bytes):

ans =

137450.30

Fotograma Pico Respecto a la Media:

ans =

7.17

Varianza de los Tamaños de los Fotogramas:

S<sup>2</sup> =

1163.61

Coeficiente de Variación de los Tamaños de los Fotogramas:

CoVx = 2.48



Rata de Bits Promedio (bits/seg):

ans =

412.35

Rata de Bits Más Alta (bits/seg):

ans =

2955.66

Parametro de Hurst (Estadístico R/S)

H =

1.004231683333657

Este parámetro H (Hurst) resultante indica un alto porcentaje de autosimilaridad

#### **6.2.4 Simulación análisis traza de video bajo el método de Periodograma**

#### **6.2.5 Código en Matlab cargando 80000 datos como traza sintética**

```
clear all;
```

```
load datos.mat;
```

```
trace=fBm05(:, 1);
```

```
tam=size(trace, 1);
```



```
per=1/30;
X=0;
x2=0;
S2=0;
sum=0;
media=0;
min=1000;
max=0;
for a=1:tam
    X = X+trace(a);
    x2 = x2+trace(a)^2;
    if trace(a)>max
        max=trace(a);
    end
    if trace(a)<min
        min=trace(a);
    end
end
media=X/tam;
S2=(1/(tam-1))*(x2-(1/tam)*(X)^2);
CoVx=sqrt(S2)/media;
```





```
a=16;
M=tam/a;
a1=0;
b1=0;
c=0;
d=0;
n1=0;
for k=1:(M-1)
    lambdak=2*pi*k/M;
    llambdak=0;
    for n=0:M-1
        Xn=0;
        for j=(n*a):((n+1)*a-1)
            Xn=Xn+trace(j+1);
        end
        Xn=Xn/a;
        Zn=log10(Xn);
        llambdak=llambdak+Zn*exp(-i*n*lambdak);
    end
    llambdak=abs(llambdak)^2/(2*pi*M);
hold on
plot(log10(lambdak), log10(llambdak), 'ko'), grid on%, axis([-1.2 0.8 -4.5 -1])
```



```
%log10(lambdak)
%log10(llambdak)
if n1 <((M-1)/2-1)
    n1=n1+1;
    a1=a1+log10(lambdak);
    b1=b1+log10(llambdak);
    c=c+log10(lambdak)*log10(llambdak);
    d=d+log10(lambdak)^2;
end
end
n1
a1=a1/n1;
b1=b1/n1;
B1=(c-n1*a1*b1)./(d-n1*a1^2);
B0=b1-B1.*a1;
q=-3:0.01:1;
hold on
plot(q, (B0+B1*q), 'k'), title('Periodograma a=16 '), xlabel('Log10(Lambda_k)'),
ylabel('Log10(I(Lambda_k))')

format bank
disp('Número de Fotogramas:');
tam
```



```
disp('Tamaño Mínimo de Fotograma (Bytes):');  
min/8  
disp('Tamaño Máximo de Fotograma (Bytes):');  
max/8  
disp('Tamaño Promedio de Fotograma (Bytes):');  
media/8  
disp('Suma de Tamaños de Fotogramas (Bytes):');  
X/8  
disp('Fotograma Pico Respecto a la Media:');  
max/media  
disp('Varianza de los Tamaños de los Fotogramas:');  
S2  
disp('Coeficiente de Variación de los Tamaños de los Fotogramas:');  
CoVx  
disp('Rata de Bits Promedio (bits/seg):');  
media/per  
disp('Rata de Bits Más Alta (bits/seg):');  
max/per  
disp('Parametro de Hurst (Periodograma)');  
format long  
H=(1-B1)/2
```

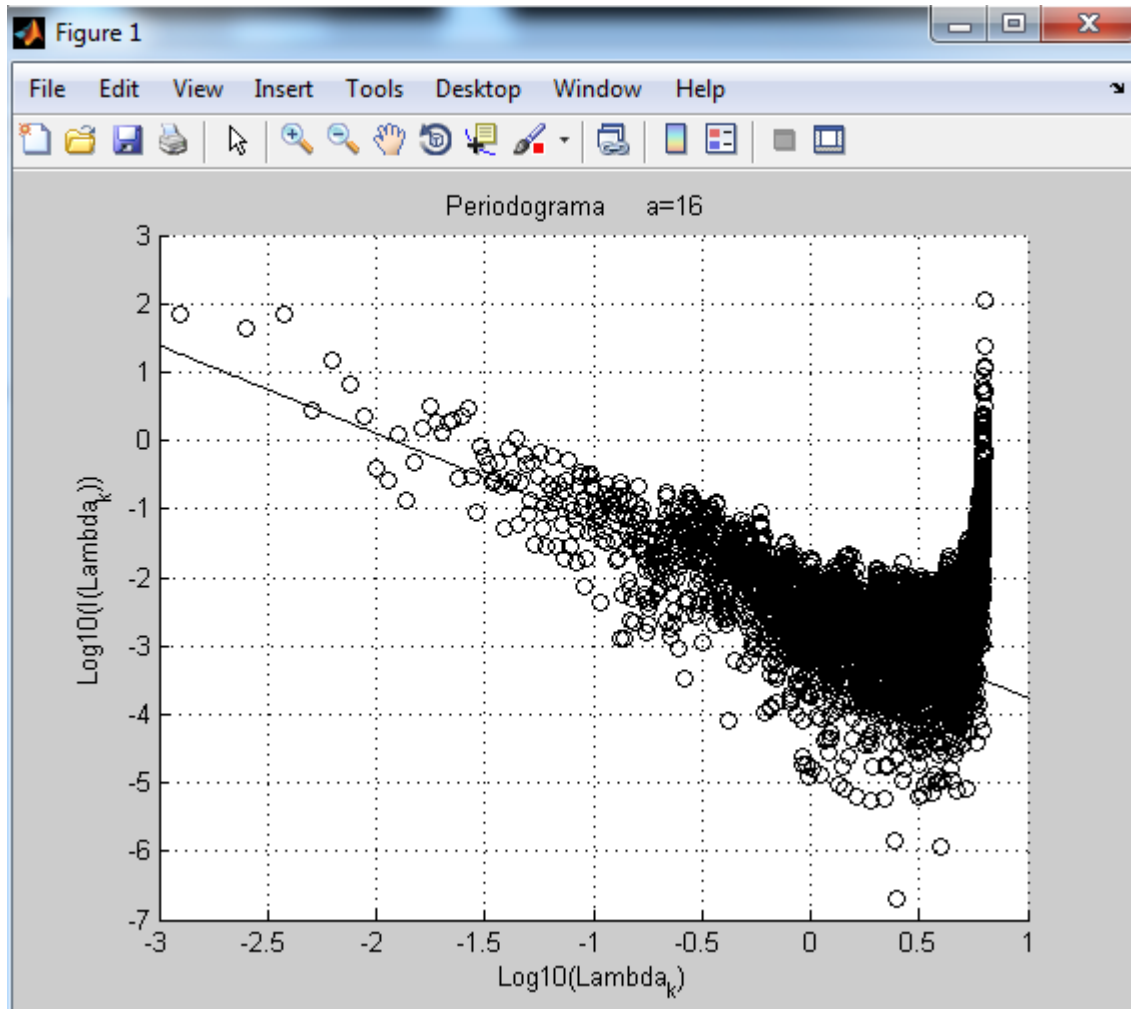


Figura 7. Grafica resultante método Periodograma

Es la estimación de la densidad espectral de la trama de video sintetica, se nota la saturación a medida que incrementa la cantidad de datos, conservando un alto nivel de autosimilaridad.

Resultado parámetro H (Hurst)  $>1$  esto sugiere un alto porcentaje de tendencia a mantenerse la autosimilaridad a medida que hay un incremento.

La serie tampoco es estacionaria en varianza porque ésta no es constante sino creciente con el tiempo.

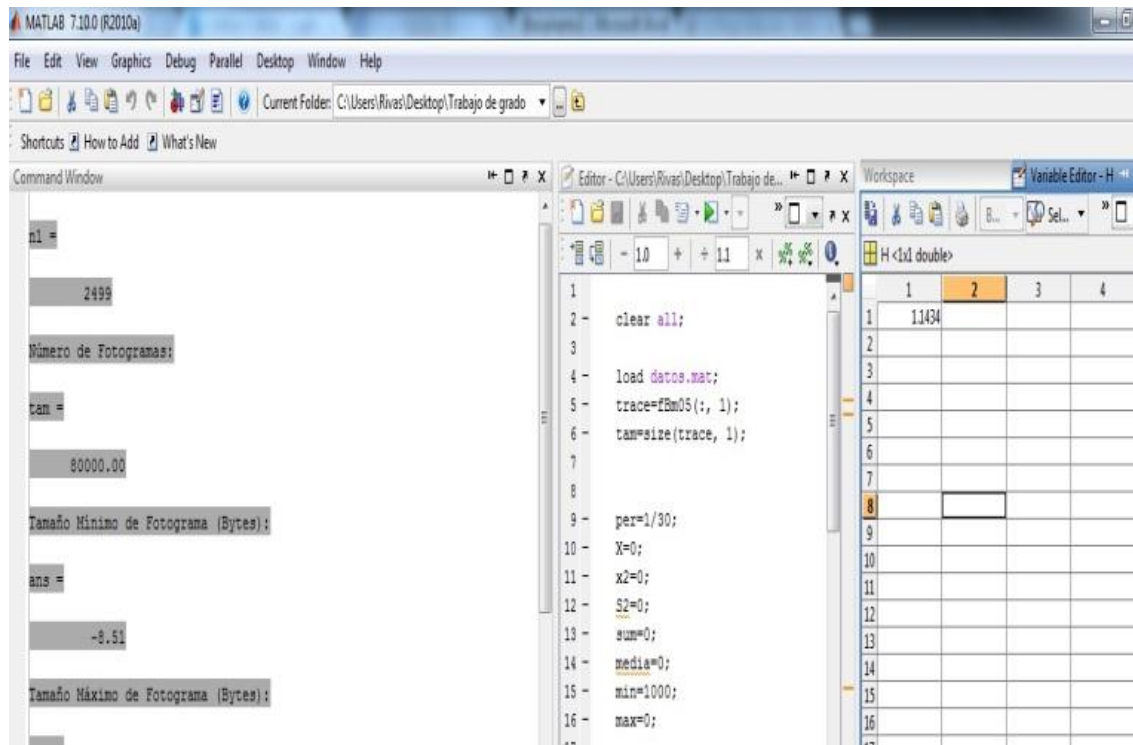


Figura 8. Parámetro de Hurst bajo el método Periodograma

### 6.2.6 Datos resultantes

n1 =

2499

Número de Fotogramas:

tam =

80000.00

Tamaño Mínimo de Fotograma (Bytes):

ans =

-8.51



Tamaño Máximo de Fotograma (Bytes):

ans =

12.32

Tamaño Promedio de Fotograma (Bytes):

ans =

1.72

Suma de Tamaños de Fotogramas (Bytes):

ans =

137450.30

Fotograma Pico Respecto a la Media:

ans =

7.17

Varianza de los Tamaños de los Fotogramas:

S<sup>2</sup> =

1163.61

Coeficiente de Variación de los Tamaños de los Fotogramas:

CoV<sub>x</sub> =

2.48

Rata de Bits Promedio (bits/seg):

ans =

412.35



Rata de Bits Más Alta (bits/seg):

ans =

2955.66

Parametro de Hurst (Periodograma)

H =

1.143380508446521

### 6.2.7 Simulación análisis traza de video bajo el método de Varianza tiempo

### 6.2.8 Código en Matlab cargando 80000 datos como traza

```
clc;
```

```
clear all;
```

```
load datos.mat;
```

```
trace=fBm05(:, 1);
```

```
tam=size(trace, 1);
```

```
per=1/30;
```

```
X=0;
```

```
x2=0;
```



```
S2=0;
sum=0;
media=0;
min=1000;
max=0;

for a=1:tam
    X = X+trace(a);
    x2 = x2+trace(a)^2;
    if trace(a)>max
        max=trace(a);
    end
    if trace(a)<min
        min=trace(a);
    end
end
media=X/tam;
S2=(1/(tam-1))*(x2-(1/tam)*(X)^2);
CoVx=sqrt(S2)/media;

a1=0;
b1=0;
```





```
c=0;
d=0;
n1=0;
for b=log10(16):log10(2):log10(tam)
    a=round(10^b);
    M=tam/a;
    S2a=0;
    for n=0:(M-1)
        Xn=0;
        for j=(n*a+1):((n+1)*a)
            Xn=Xn+trace(j);
        end
        Xn=Xn/a;
        S2a=S2a+(Xn-media)^2;
    end
    S2a=S2a/(M-1);
    hold on
    plot(log10(a), log10(S2a./S2), 'ko'), grid on
    a1=a1+log10(a);
    b1=b1+log10(S2a./S2);
    c=c+log10(a)*log10(S2a./S2);
    d=d+log10(a)^2;
```



```
n1=n1+1;
end
a1=a1/n1;
b1=b1/n1;
B1=(c-n1*a1*b1)./(d-n1*a1^2);
B0=b1-B1.*a1;
q=1:0.01:5;
hold on
plot(q, (B0+B1*q), 'k'), grid on, title('Gráfico Varianza-Tiempo'), xlabel('Log10(a)'),
ylabel('Log10(Varianzas)')

format bank
disp('Número de Fotogramas:');
tam
disp('Tamaño Mínimo de Fotograma (Bytes):');
min/8
disp('Tamaño Máximo de Fotograma (Bytes):');
max/8
disp('Tamaño Promedio de Fotograma (Bytes):');
media/8
disp('Suma de Tamaños de Fotogramas (Bytes):');
X/8
disp('Fotograma Pico Respecto a la Media:');
```



max/media

disp('Varianza de los Tamaños de los Fotogramas:');

S2

disp('Coeficiente de Variación de los Tamaños de los Fotogramas:');

CoVx

disp('Rata de Bits Promedio (bits/seg):');

media/per

disp('Rata de Bits Más Alta (bits/seg):');

max/per

disp('Parametro de Hurst (Varianza-Tiempo)');

format long

H=B1/2+1

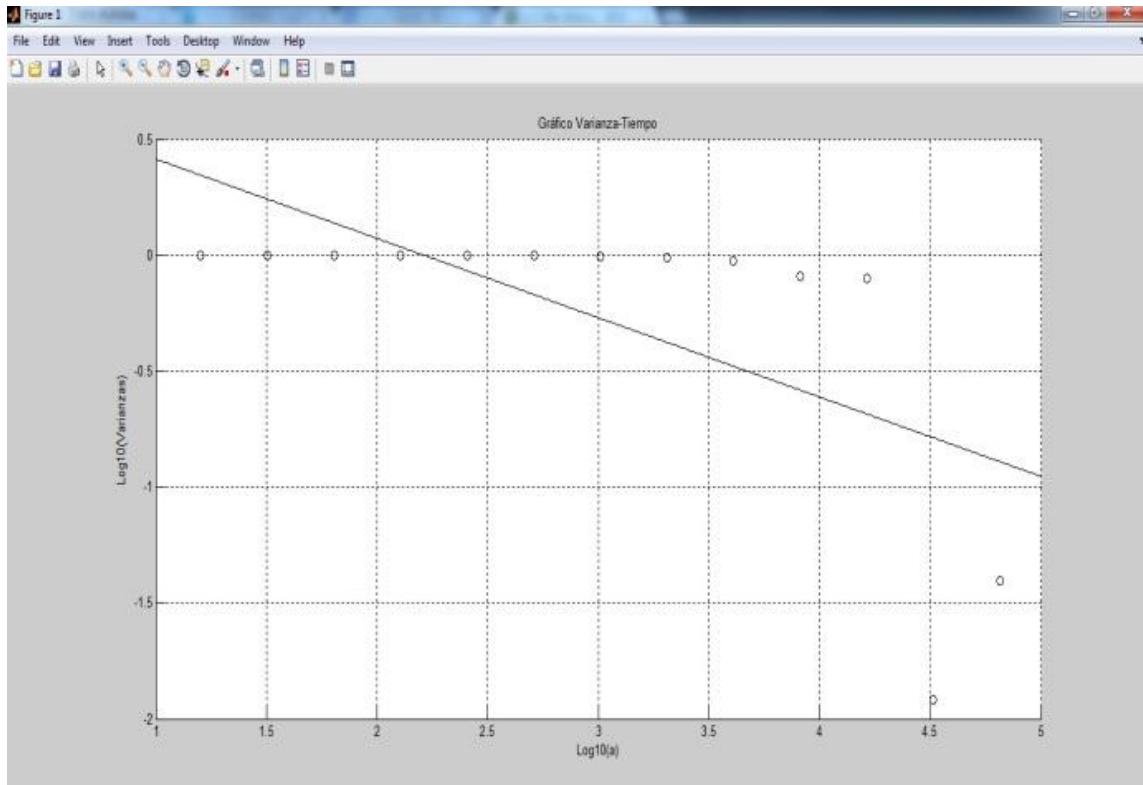


Figura 9. Grafica resultante método Varianza Tiempo

Se basa en el decaimiento lento de la varianza de una serie auto-similar, por ende se puede interpretar que no existe alteraciones significativas en el tiempo y con un  $H$  de 0.829088602597869 se confirma que la trama de video es autosimilar.

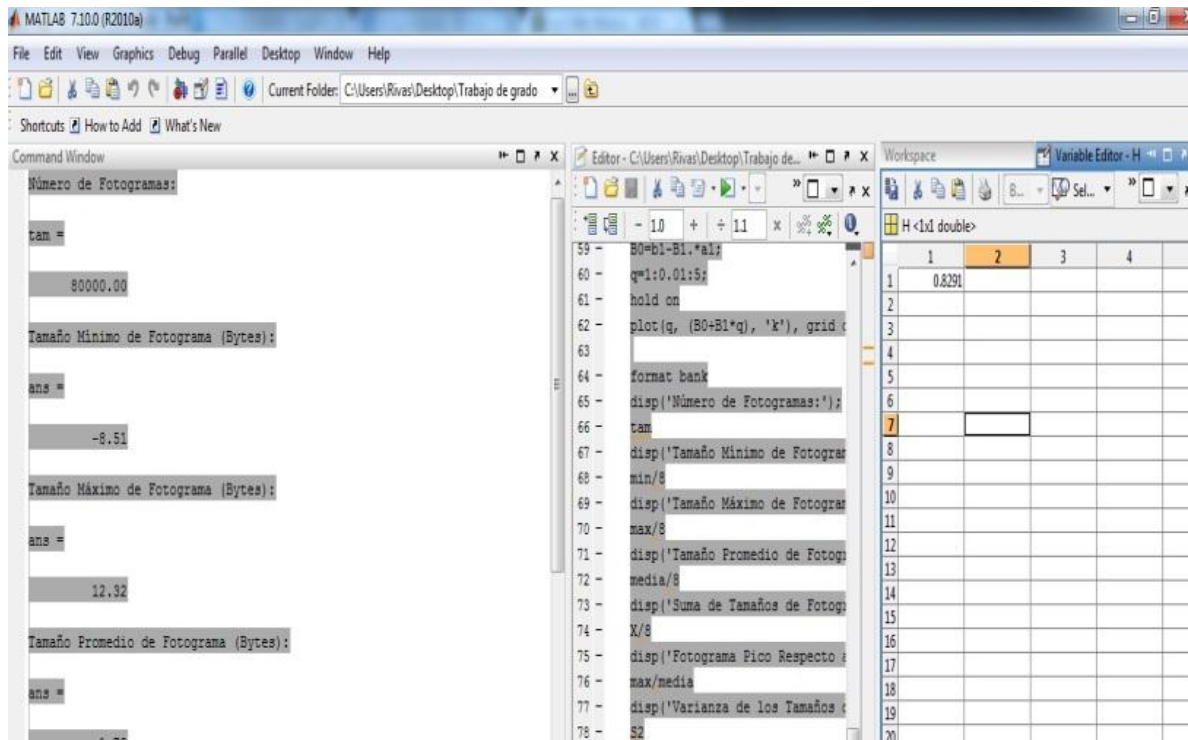


Figura 10. Parámetro de Hurst resultante, método Varianza Tiempo

### 6.2.9 Datos resultantes

Número de Fotogramas:

tam =

80000.00

Tamaño Mínimo de Fotograma (Bytes):

ans =

-8.51



Tamaño Máximo de Fotograma (Bytes):

ans =

12.32

Tamaño Promedio de Fotograma (Bytes):

ans =

1.72

Suma de Tamaños de Fotogramas (Bytes):

ans =

137450.30

Fotograma Pico Respecto a la Media:

ans =

7.17

Varianza de los Tamaños de los Fotogramas:

S2 =

1163.61

Coeficiente de Variación de los Tamaños de los Fotogramas:

CoVx =

2.48

Rata de Bits Promedio (bits/seg):

ans =

412.35



Rata de Bits Más Alta (bits/seg):

ans =

2955.66

Parametro de Hurst (Varianza-Tiempo)

H =

0.829088602597869



## 6.3 ETAPA DE ANALISIS

### 6.3.1 Resultados esperados

Sin duda alguna toda la información indagada respecto al tema logro que la investigación se enriqueciera de conceptos fundamentados científicamente, una vez lograda una contextualización se inició con la construcción de ideas y metodologías para llevar a cabo la base central del trabajo que consistió en construir una fuente sintética de video a partir de métodos matemáticos usando el Software matemático MATLAB el cual brinda un entorno de desarrollo, donde se pueden implementar funciones y a partir de ellas generar gráficas para consolidar y representar aún mejor los resultados. La autosimilaridad es una propiedad inherente de los fractales, puede representarse en menor o mayor porcentaje, los videos digitales en su estructura secuencial grafica pueden llegar a contener un nivel alto de autosimilaridad lo que potencia la posibilidad de comprimir su tamaño detectando las secuencias más parecidas una de la anterior y así poder liberar la traza de video de residuos que consecencialmente harán un archivo de mayor cantidad de datos a transmitir por las redes.

En base a lo descrito en el párrafo anterior se puede estimar que la autosimilaridad en alto porcentaje es lo mejor que le puede suceder a una traza de video, esto se pretende ratificar por medio de esta investigación o encontrar resultados adversos.





### 6.3.2 Resultados obtenidos

Posterior al desarrollo e implementación de las funciones matemáticas en MATLAB, se logró generar una traza de video con el tamaño de 80000 datos, aplicando la función FBM (Movimiento Fractal Browniano) este proceso genera una serie de información representada en 80000 datos de información a partir de un incremento aleatorio, una vez se dispone de la fuente de video se puede generar el valor estimado para el coeficiente de Hurst el cual varía dependiendo del método que se implemente para hallarlo, en esta investigación se usaron tres de estos métodos Estadístico R/S, Periodograma, Varianza Tiempo, cada uno arrojando un valor diferente sin embargo con una tendencia a aumentar es decir aproximación a uno o superior, cabe mencionar que el coeficiente de Hurst está estimado en una escala de 0 a 1, en el capítulo 6 etapa 6.2 en este trabajo se inicia la descripción detallada de la obtención y de resultados de autosimilaridad, en los tres métodos hay un alto porcentaje de autosimilaridad en la traza analizada esto conlleva a confirmar que en este caso la traza se podría llegar a manipular para aplicar un proceso de codificación y reducir su tamaño para evitar saturar el canal por el cual se puede llegar a transmitir, hay secuencias graficas tan repetitivas que pueden ser depuradas sin llegar a afectar la calidad de imagen porque no se trata de dejar a un lado la calidad de servicio en la transmisión de video.



## 7. CONCLUSIONES

- Las necesidades de optimizar las tecnologías actuales, se originan a partir de velar por la alta calidad de servicios brindados a los usuarios finales.

- La codificación tiene como principio transformar para optimizar, en este proceso se involucra necesariamente la autosimilaridad al fraccionar una parte en pequeñas fracciones las cuales contienen la información relevante en el momento de hacer el proceso de decodificación.

- Ante mayor ancho de banda dispuesto en las transmisiones mayor la cantidad de información que se puede transmitir pero siempre será necesario la codificación y decodificación para garantizar un resultado de alta calidad.

En la presente investigación se analizó una traza de datos la cual simulo una fuente de video, se puede afirmar que si poseen la propiedad de la autosimilaridad, fue diseñada a corto plazo ya que el análisis requiere un alta demanda en el rendimiento de CPU al ejecutar los códigos, sus cálculos matemáticos incrementan el uso de recursos físicos y lógicos.

Para analizar una serie de tiempo es recomendable primero establecer el valor del coeficiente Hurst en este estudio fue parametrizado en  $\frac{1}{2}$

Al aplicar un código para obtención del coeficiente de Hurts el resultado se aproxima a 1 esto indica un alto porcentaje de autosimilaridad Si  $H = 0.5$  implica un proceso completamente aleatorio, con ausencia de correlación entre los incrementos de la señal.



$H > 1$  Para el caso en que se pierde la estacionariedad del proceso

Si  $H < 0.5$  la serie es antipersistente

Si  $H = 1$  la serie es determinista

Se puede concluir que al implementar el coeficiente de Hurst nos puede indicar cuál es la tendencia que sigue un valor determinado, y controlando este coeficiente nos puede dar señal si hay un cambio de tendencia o continuación de tendencia en video o imágenes, se puede aseverar que el análisis fractal es una herramienta muy útil para optimizar la transición de trazas de video por las redes IP's

A modo de conclusiones, podemos decir que el tráfico total capturado, presenta características autosimilares o fractales, avalado por 3 métodos distintos, lo que minimiza bastante el margen de error de este criterio. Así mismo se puede decir que el esquema que conforma este tráfico, también presenta características autosimilares o fractales, lo que induce al criterio que el tráfico presenta características autosimilares con parámetros de autosimilaridad  $H$ , mayores a 0.5



## 8. GLOSARIO

**Ancho de Banda:** La cantidad de información que puede transmitirse en un momento dado. Se necesita un gran ancho de banda para mostrar imágenes con detalles nítidos y por eso es un factor de calidad para las imágenes transmitidas o grabadas. ITU-R 601 y SMPTE RP 125 asignan un ancho de banda para la señal analógica de luminancia de 5.5 MHz y para la crominancia de 2.75 MHz, la más alta calidad alcanzable en un formato Broadcast estándar.

Los sistemas de imágenes digitales suelen requerir grandes anchos de banda y de ahí la razón por la cual muchos sistemas de almacenamiento y transmisión recurren a técnicas de compresión para adaptar la señal reduciendo por tanto el ancho de banda.

**Autosimilaridad:** En Matemática, la autosimilaridad, a veces llamada autosimilitud o autosemejanza, es la propiedad de un objeto (llamado objeto autosimilar) en el que el todo es exacta o aproximadamente similar a una parte de sí mismo, por ejemplo cuando el todo tiene la misma forma que una o varias de sus partes. Muchos objetos del mundo real, como las costas marítimas, son estadísticamente autosimilares: partes de ella muestran las mismas propiedades estadísticas en diversas escalas.<sup>1</sup> La autosimilaridad es una propiedad de los fractales

**Arquitectura de vídeo:** Expresión que define la forma en que se manejan y sincronizan los datos de vídeo.



Cada arquitectura crea, reproduce y almacena los datos de vídeo de una determinada manera. En otras palabras, la arquitectura constituye el conjunto de extensiones de sistema, aplicaciones y plugins que permiten al sistema manejar los datos de vídeo.

**CODEC's:** Los codecs pueden ser caracterizados por diferentes características, entre las que se encuentran su tasa de bits (bit rates), la calidad resultante del audio codificado, su complejidad, el tipo de tecnología utilizada y el retardo que introducen, entre otros. Originalmente, los primeros codecs fueron diseñados para reproducir la voz en la banda de mayor energía, entre 300 Hz a 3.4 kHz. Actualmente este tipo de codecs son caracterizados como de “banda angosta” (narrowband). En contraste, los codecs que reproducen señales entre 50 Hz y 7 kHz se han llamado de “banda ancha” (wideband). Más recientemente, ITU-T ha estandarizado codecs llamados de banda superancha (superwideband), para el rango de 50 Hz a 14 kHz y de banda completa (fullband), para el rango de 50 Hz a 20 kHz

**Codificación de video:** sirve para convertir señales de video analógico a señales de video digital. La mayoría de codificadores comprimen la información para que pueda ser almacenada o transmitida ocupando el mínimo espacio posible. Para conseguirlo se aprovecha que las secuencias de video tienen redundancia en las dimensiones espacial y temporal. Por lo tanto, eliminando dicha información redundante se consigue codificar la información de manera más óptima



**Digitalizar:** Convertir señales analógicas en digitales.

**Dimensión fractal:** En geometría de fractales, la dimensión fractal,  $D$  es un número real que generaliza el concepto de dimensión ordinaria para objetos geométricos que no admiten espacio tangente

**Dirección IP:** Dirección que se utiliza para identificar un equipo o dispositivo en una red.

**Exponente de Hurst:** El coeficiente o exponente de Hurst es una medida de independencia de las series de tiempo que fue estudiada inicialmente por el científico británico Harold Edwin Hurst (1880-1978), como elemento para distinguir series fractales.

Hurst descubrió que muchos fenómenos naturales exhiben un comportamiento que puede ser caracterizado por un proceso aleatorio sesgado, en el cual existe memoria de largo plazo entre las observaciones, es decir, que los eventos de un periodo influyen en todos los siguientes.

**Fractales:** son objetos matemáticos encuadrados en el campo de la teoría geométrica de la medida cuya delimitación exacta y definitiva está aún por establecer. Bajo el nombre de fractales, acuñado por B. Mandelbrot en los años setenta, suelen entender los diversos autores ciertas realidades matemáticas con unos cuantos rasgos de familia comunes, si bien las definiciones concretas de unos u otros no son aplicables a todas ellas.



Un fractal viene a ser el producto final que se origina a través de la iteración infinita de un proceso geométrico bien especificado. Este proceso geométrico elemental, que es generalmente de naturaleza muy simple, determina perfectamente la estructura final, que muy frecuentemente, debido a la repetición infinita que se ha efectuado, tiene una complicación aparente extraordinaria.

**HTTP:** HyperText Transfer Protocol. Protocolo de Transferencia de Hipertexto. Protocolo usado en WWW

**Movimiento Browniano:** El movimiento browniano, caracterizado por la independencia y la normalidad de la distribución de sus incrementos es un modelo matemático que se basa en incrementos aleatorios.

**MPEG:** Significa en inglés Moving Pictures Experts Group. Es uno de los subgrupos de la International Standards Organisation que desarrolló una norma (MPEG-2) para la compresión digital y la multiplexación (emisión simultánea) de señales de vídeo y audio.

**MPEG-2:** Norma técnica internacional de compresión de imagen y sonido. El MPEG-2 especifica los formatos en que deben de representarse los datos en el decodificador y un conjunto de normas para interpretar estos datos. Es un estándar definido específicamente para la compresión de vídeo, utilizado para la transmisión de imágenes en vídeo digital. El algoritmo que utiliza además de comprimir imágenes estáticas compara los fotogramas presentes con los



anteriores y los futuros para almacenar solo las partes que cambian. La señal incluye sonido en calidad digital

**PERIODOGRAMA:** está basado en una herramienta matemática denominada Transformada de Fourier, según la cual una serie, que cumpla determinados requisitos, puede descomponerse como suma de un número finito o infinito de frecuencias. Del mismo modo, a partir de la representación frecuencial puede recuperarse la serie original a través de la Transformada Inversa de Fourier.

**QOS:** Calidad de Servicio (Quality of Service, en inglés) son las tecnologías que permiten aplicar un tratamiento específico a un determinado tipo de tráfico.

**Trama:** conjunto de datos, conjunto de Bits que se transmiten por la red

**Varianza tiempo:** Método matemático para estimar el parámetro de Hurst





## 9. BIBLIOGRAFIA

### Textos:

- Video Traces for Performance Evaluation. Patrick Seeling, Frank H.P Fitzek, Martin Reisslein
- Wiley.Self.Similar.Processes.in.Telecommunications.Apr.2007. Oleg I. Sheluhin, Sergey M. Smolskiy, Andrey V. Osin

### Recursos en Internet

[1] Codificación de video, ITU-T

<http://www.itu.int/rec/T-REC-H.264-201201-I/es>

[2] TELECOMUNICACIÓN, Universidad Politécnica de Madrid

[http://oa.upm.es/14048/1/PFC\\_JAVIER\\_CABEZAS\\_GONZALEZ.pdf](http://oa.upm.es/14048/1/PFC_JAVIER_CABEZAS_GONZALEZ.pdf)

[3] Movimiento Fractal Browniano

<http://www.scielo.org.co/pdf/rce/v28n2/v28n2a06.pdf>

[4] Estándar de video H.264

<http://www.scielo.org.mx/pdf/iit/v8n3/v8n3a4.pdf>

[5] Codificación de video y voz (PDF)

<http://iie.fing.edu.uy/ense/assign/ccu/material/docs/Codificacion%20de%20voz%20y%20video.pdf>



[6] Conjuntos fractales en el espacio y tiempo

[http://www.academia.edu/410120/CONJUNTOS\\_FRACTALES\\_EN\\_EL\\_TIEMPO\\_Y\\_EN\\_EL\\_ESPACIO](http://www.academia.edu/410120/CONJUNTOS_FRACTALES_EN_EL_TIEMPO_Y_EN_EL_ESPACIO)

[7] Metodología e interpretación del parámetro de Hurst

[www.scielo.org.ve/scielo.php](http://www.scielo.org.ve/scielo.php)

[8] Hurst Parameter Estimation

<http://www.scielo.org.mx/scielo.php>

[9] Software para calcular parámetro de Hurst en MATLAB

<http://dspace.ups.edu.ec>

[10] Análisis trazas de video

<http://www.redalyc.org>

[11] estimación del exponente de hurst y la dimensión fractal de una superficie topográfica a través de la extracción de perfiles .PDF

[12] Generación fuentes sintéticas de video

<https://revistaing.uniandes.edu.co>