

# SIMPOSIO SIRGAS 2016

Instituto Geográfico Militar

Quito-Ecuador

16-18 de noviembre 2016

## Análisis de Recurrencia Visual: Dinámica Caótica en las Series Temporales de La Estación SIRGAS-EPEC

<sup>1</sup>A. Tierra; <sup>1</sup>M. Luna; <sup>2</sup>R. Romero; <sup>2</sup>C. Pilapanta; <sup>2</sup>L. Porras

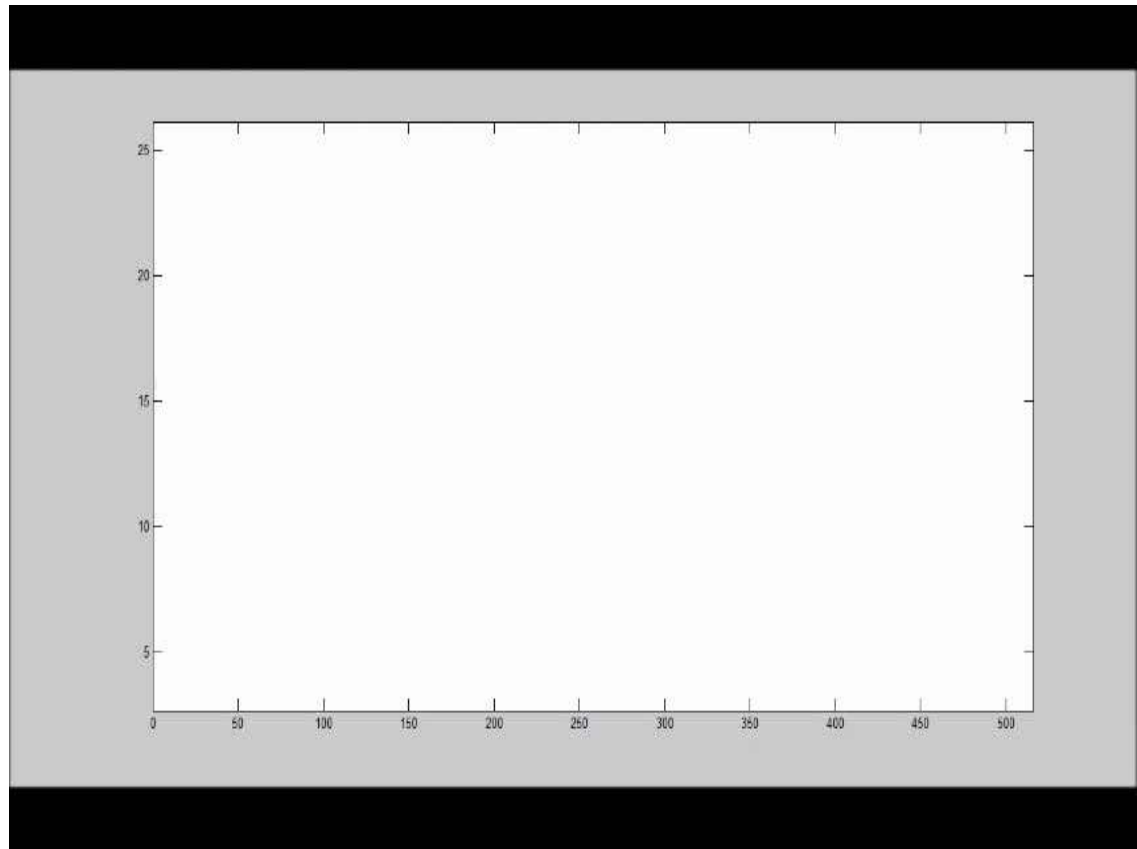
<sup>1</sup>GRUPO DE INVESTIGACIÓN GEOESPACIAL. UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE

<sup>2</sup>GESTIÓN DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO. INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR-Ecuador



# Series Temporales

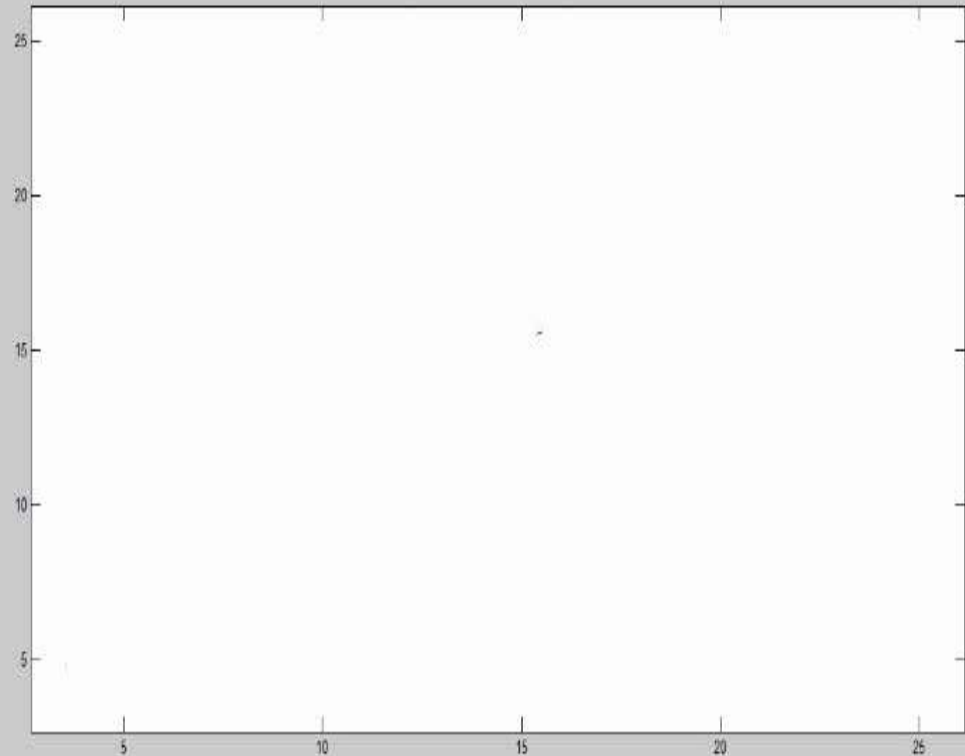
- Contienen información sobre el comportamiento dinámico de un sistema lineal o no lineal
- A veces se asume que su comportamiento es puramente aleatorio y se utiliza métodos probabilísticos para sus predicciones
- Existen fenómenos que su comportamiento dinámico es complejo, irregular y no lineal
- Por lo que es necesario estudiar nuevos modelos que puedan resolver en forma más satisfactoria esta dinámica.



# COMPORTAMIENTO DINÁMICO

Hay sistemas con comportamiento aparentemente aleatorios, pero en realidad son generados por sistemas deterministas, es decir comportamientos caóticos

En este trabajo se analiza las series temporales de la Estación SIRGAS-EPEC usando la técnica del Análisis de Recurrencia Visual (ARV) con la intención de determinar si su comportamiento dinámico es caótico.



# ESTACIÓN SIRGAS-EPEC DATOS GNSS/MET



SISTEMA  
MET

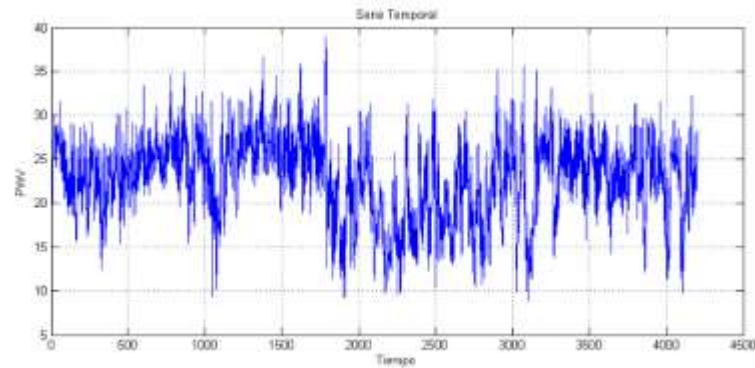
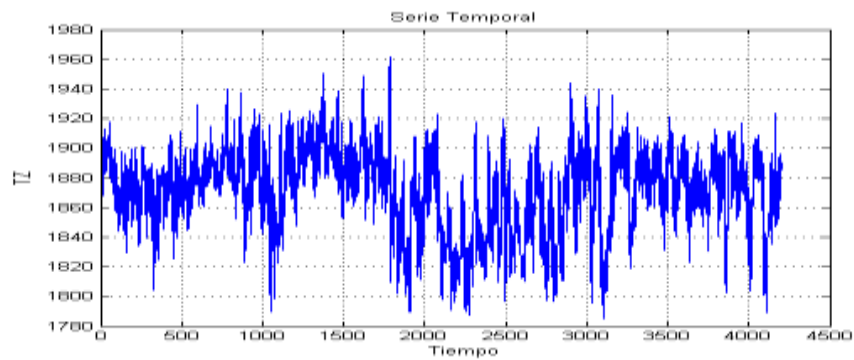
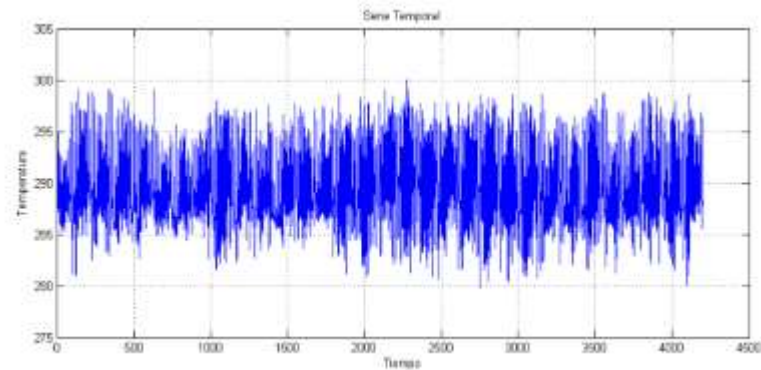
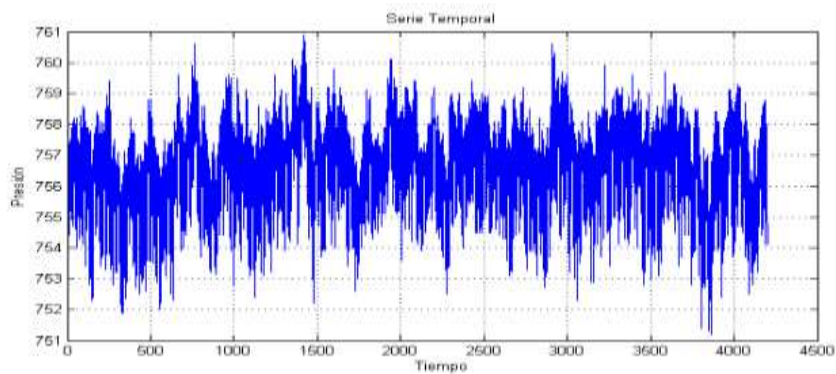
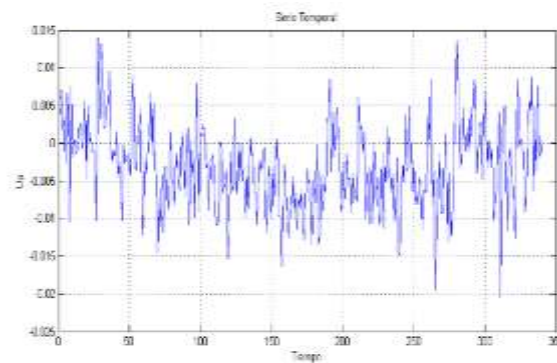
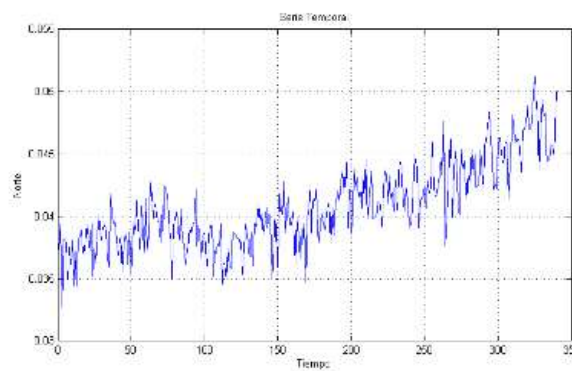
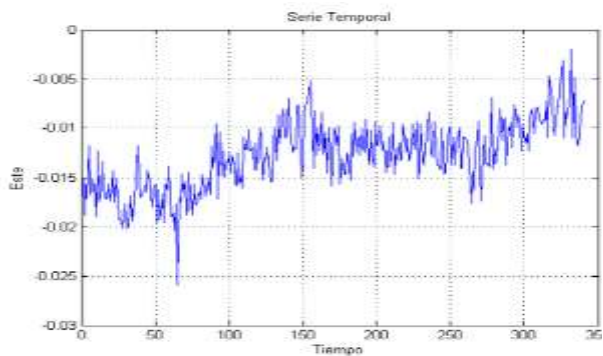


ESTACIÓN GNSS

OBSERVACIONES :  
GNSS : SOLUCIONES  
DIARIAS-BERNESE  
DE LAS  
CORDENADAS ENU  
MET: SE  
OBTUVIERON LA  
PRESIÓN Y LA  
TEMPERATURA, SE  
CALCULARON PWV  
Y EL TZ A CADA 2  
HORAS CON  
GAMIT/GLOBK



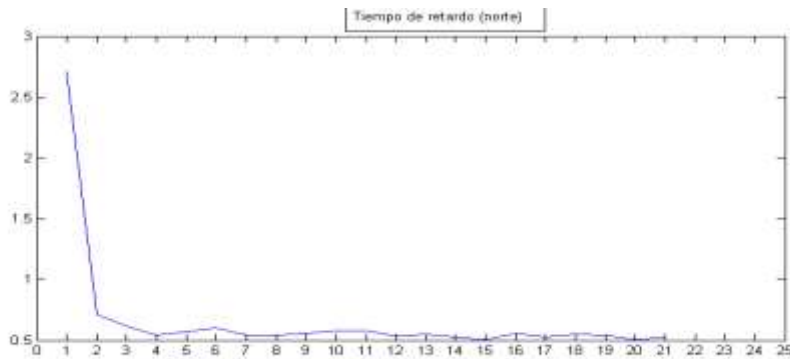
# Series Temporales



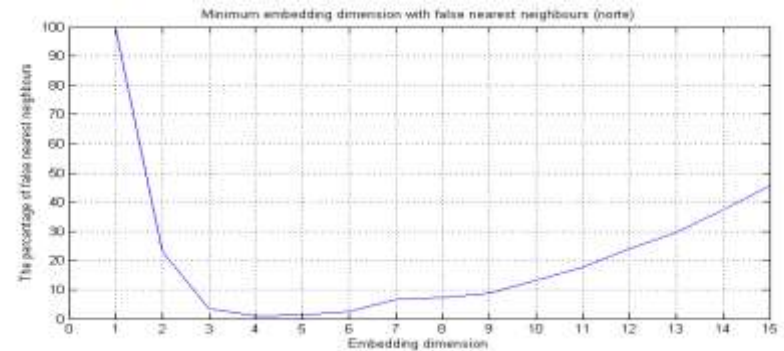
# ANÁLISIS DE RECURRENCIA VISUAL

- GRÁFICOS DE RECURRENCIA
- MÉTODO DE LOS RETARDOS (TEOREMA DE TAKENS) SE RECONSTRUYE A TRAVÉS DE VECTORES RETARDADOS DE LA SERIE TEMPORAL, PARA LO CUAL ES NECESARIO DEFINIR EL TIEMPO DE RETARDO Y LA DIMENSIÓN INMERSA

TIEMPO DE RETARDO: (FUNCIÓN DE INFORMACIÓN MUTUA)

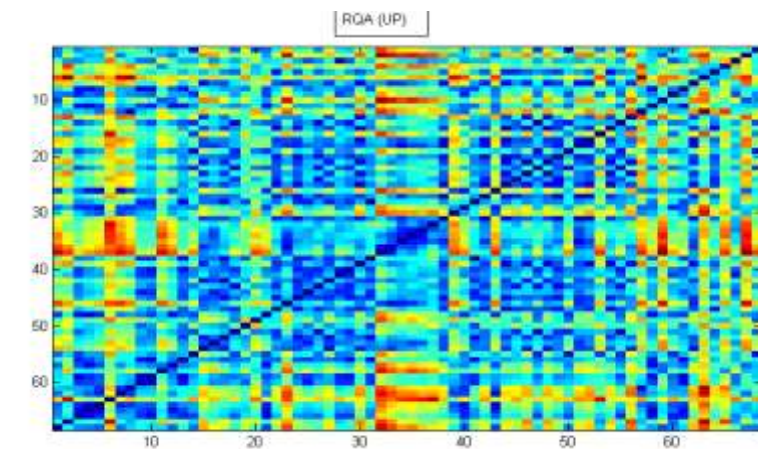
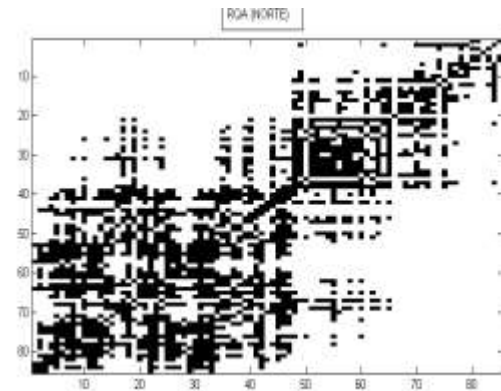
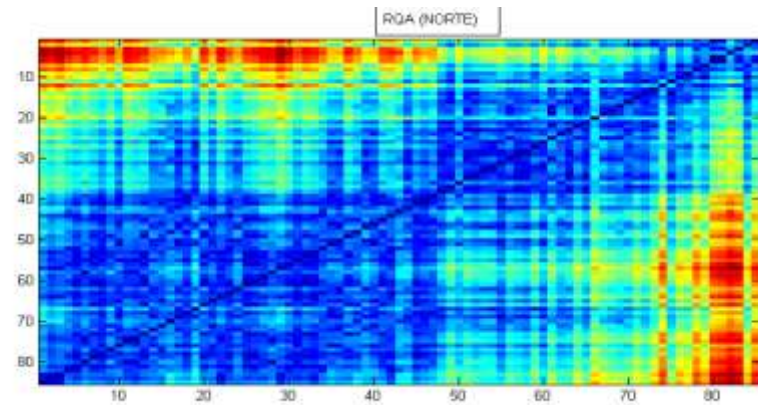
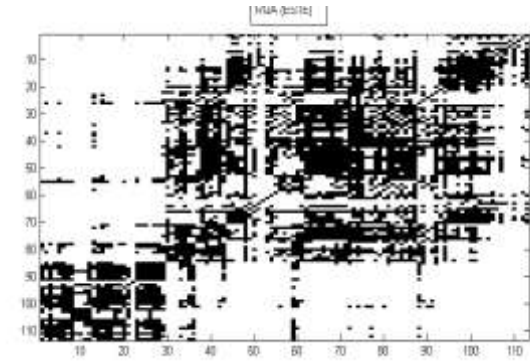
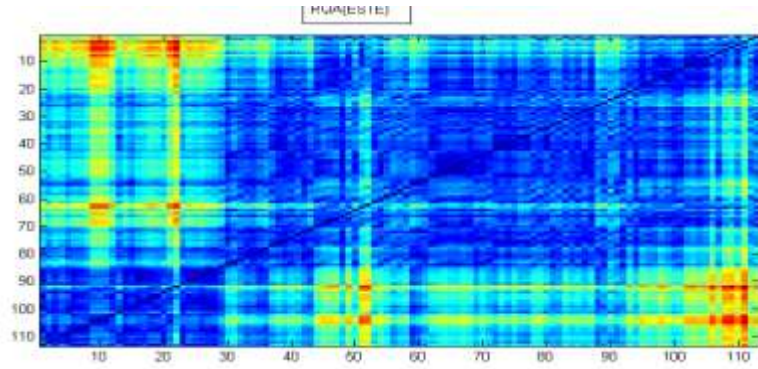


DIMENSIÓN EMBEBIDA: FNN (FALSOS VECINOS CERCANOS)



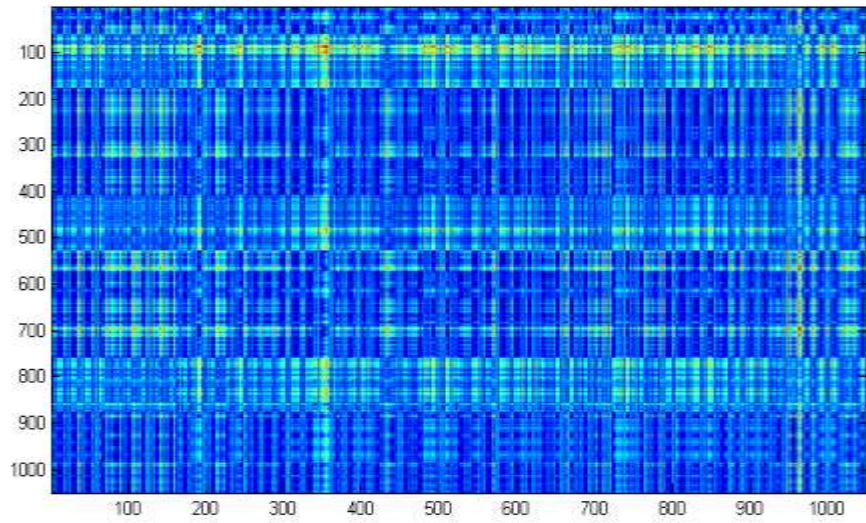
	e	n	u	Presión	Temperatura	PWV	TZ
Delay Time	3	4	5	4	4	9	10
Embedding dimension minima	4	4	3	4	6	10	11

# GRÁFICOS DE RECURRENCIA

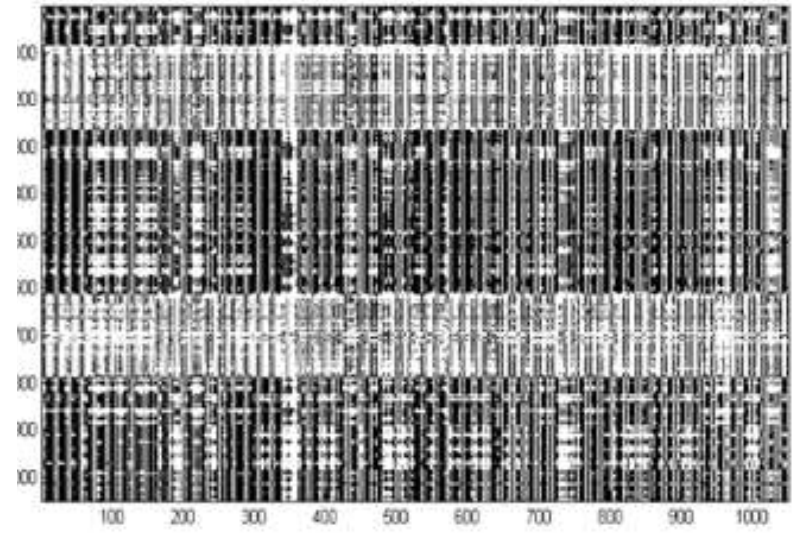




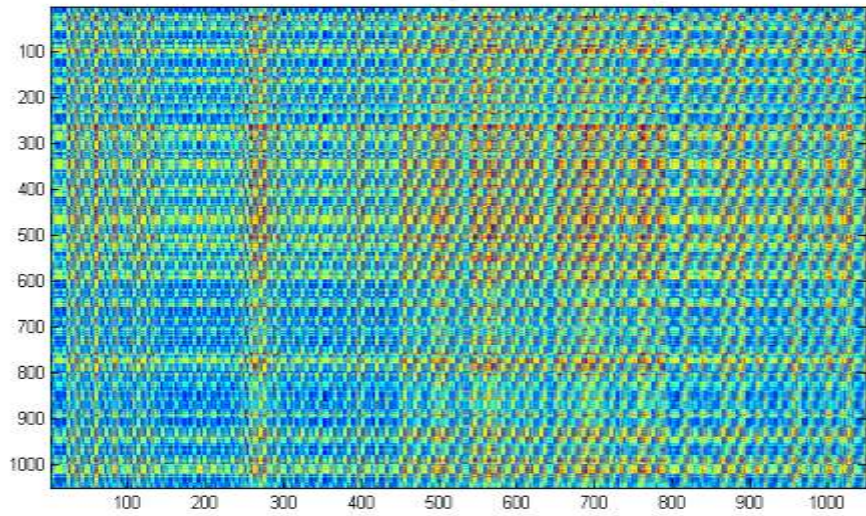
RQA (PRESION)



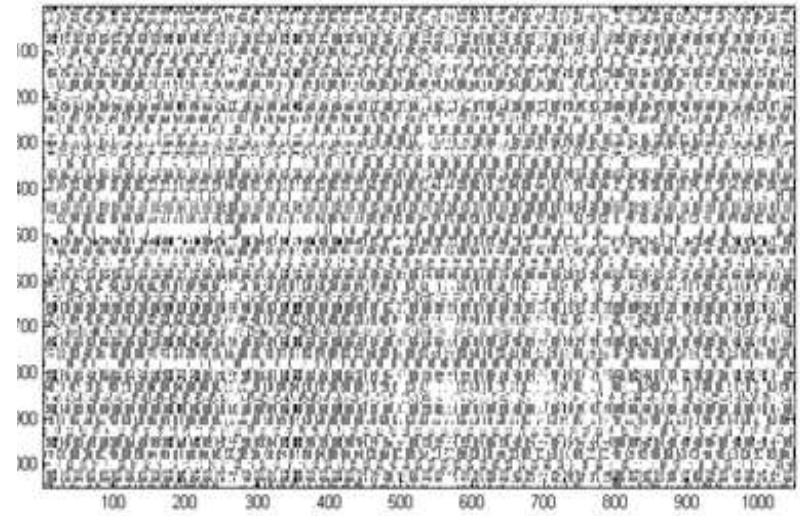
RQA (PRESION)



RQA (TEMPERATURA)

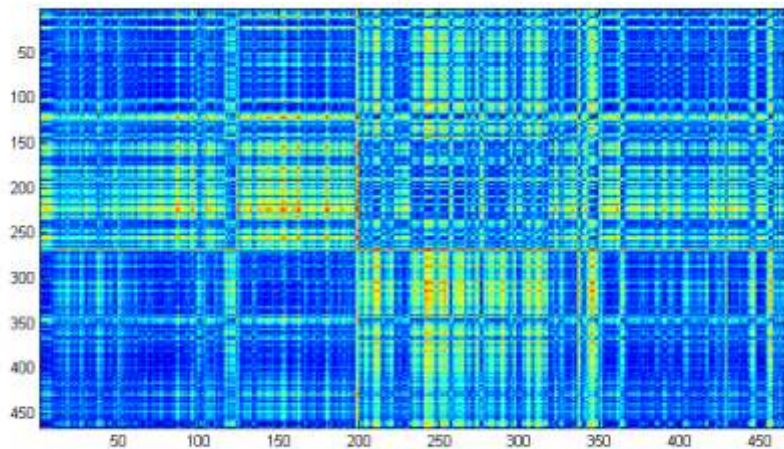


RQA (TEMPERATURA)

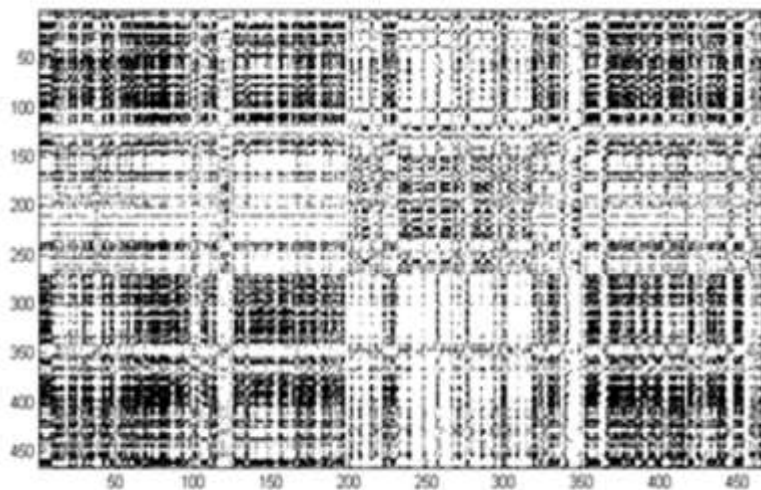




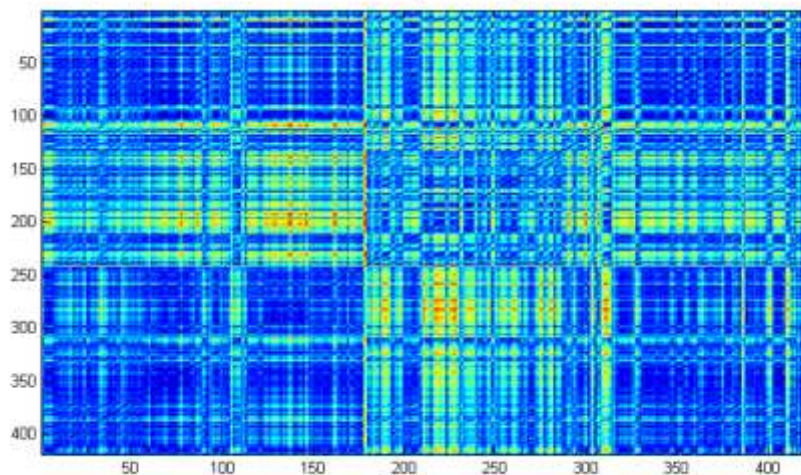
RQA (PWV)



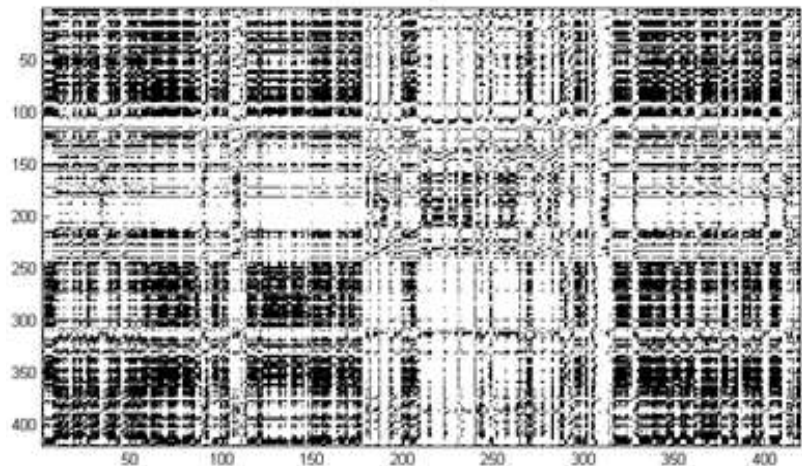
RQA (PWV)



RQA (TZ)



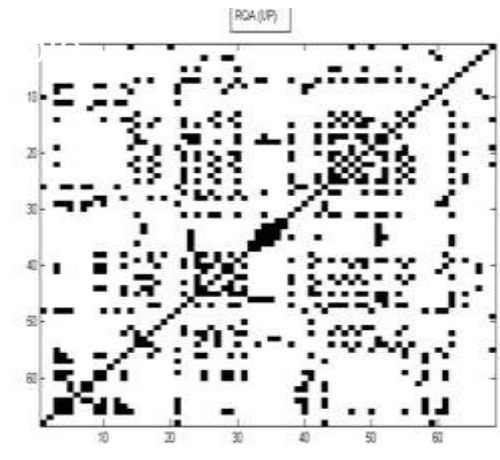
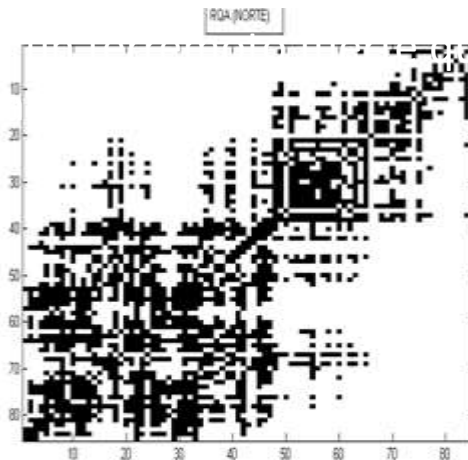
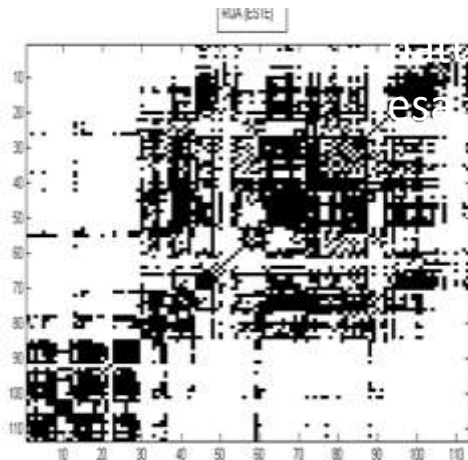
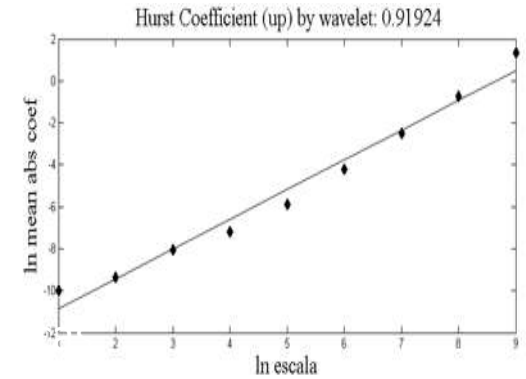
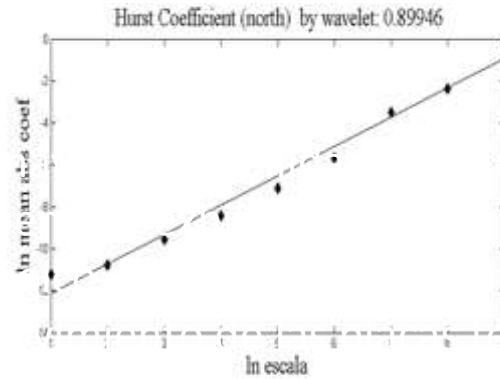
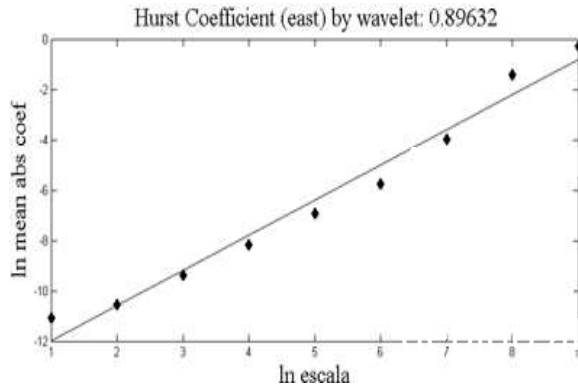
RQA (TZ)



# COEFICIENTE DE HURST

- $0 < H < 1$
- $H = 0.5$  Comportamiento Browniano (Aleatorio)
- $H \neq 0.5$  fractional Brownian motion (fBm) (Mandebrot)
  - $0 < H < 0.5$  Es antipersistente (Correlación Negativa)
  - $0.5 < H < 1$  Es persistente (Correlación Positiva)

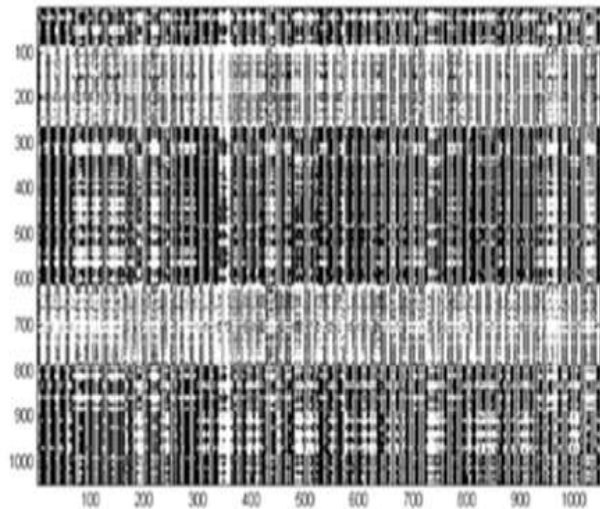
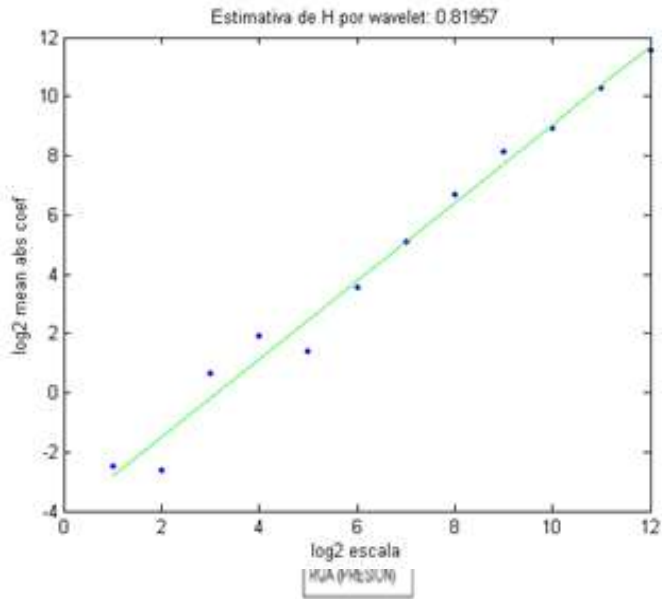
# COEFICIENTE DE HURST wavelet Daubechies (db8)



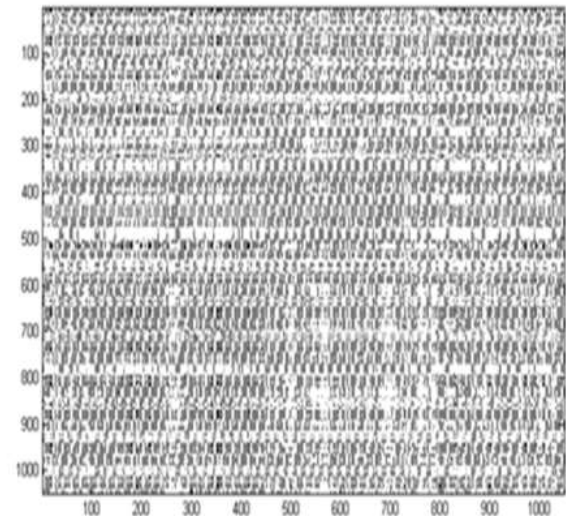
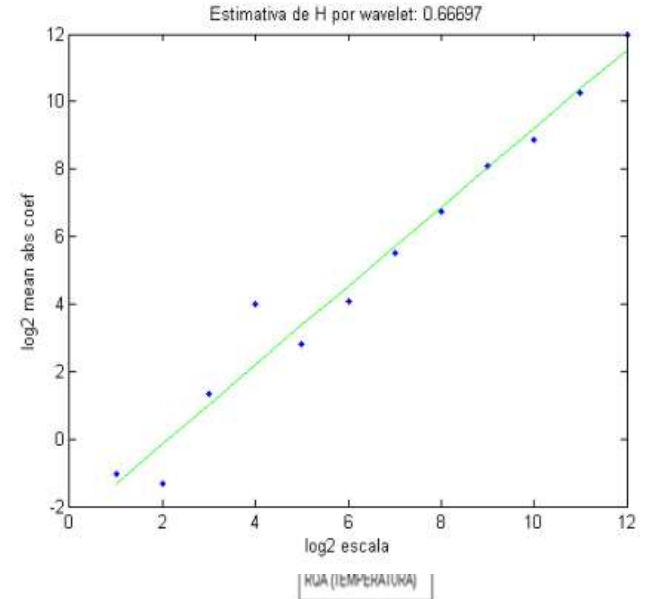
A mayor  $H$  mayor probabilidad de que el siguiente miembro exhiba la tendencia actual. Es lógico que suceda esto porque debido al movimiento de las placas tectónicas sigan esa tendencia, salvo que exista un evento natural como un terremoto fuerte que cambie esa tendencia



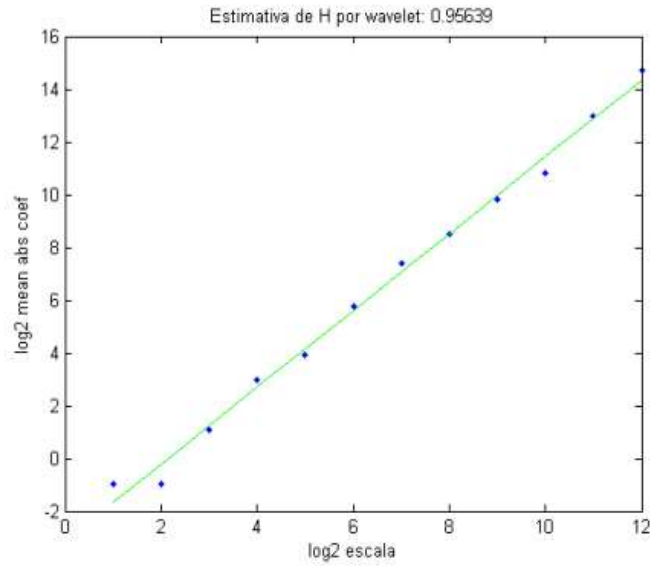
# Presión (H=0.82)



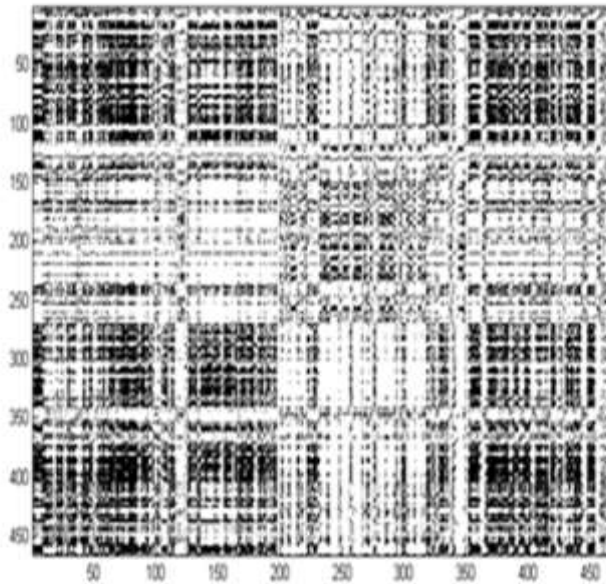
# Temperatura (H=0.67)



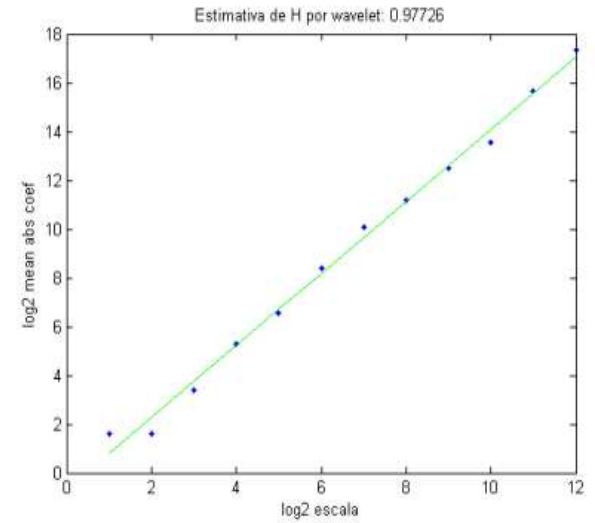
# PWV (H=0.96)



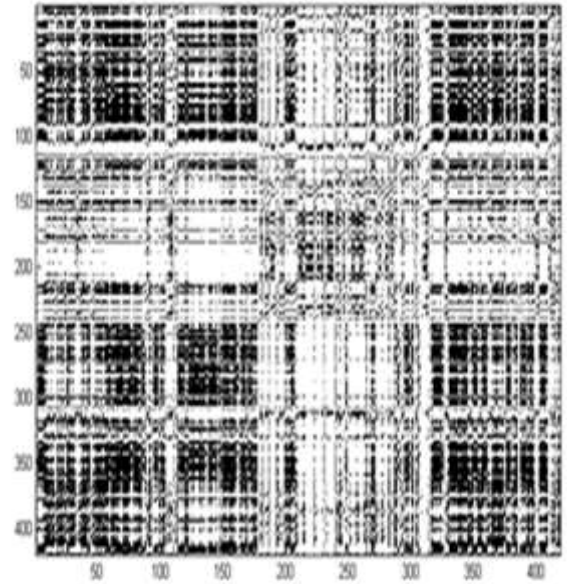
HGA (PWV)



# TZ (H=0.98)



RQA (TZ)



# Comentarios y Trabajos Futuros

- Las series temporales dan indicios de comportamiento caótico
- Calcular nuevos indicadores de caos como el coeficiente de Lyapunov, y otros
- Determinado el comportamiento dinámico sea este caótico determinístico, o aleatorio, o los dos; servirá para aplicar con mayor seguridad y confianza los modelos de predicción



# SIMPOSIO SIRGAS 2016

Instituto Geográfico Militar

Quito-Ecuador

16-18 de noviembre 2016

MUCHAS GRACIAS POR LA ATENCIÓN

