

Desarrollo de biblioteca para caracterizar redes complejas

H. Avendaño¹, K. Tucci²

¹ Dpto. De Tecnología. Universidad Politécnica Territorial del Estado Mérida "Kleber Ramirez". Ejido, 05111, Venezuela.

²SUMA-CESIMO. Universidad de los Andes. Mérida, 05101, Venezuela.

RESUMEN

ISyS es una plataforma desarrollada para el estudio de redes de especial utilidad para modelar, simular y analizar sistemas dinámicos extendidos sobre espacios no uniformes. Con este trabajo se crea un módulo nuevo de ISyS con el propósito de caracterizar redes complejas. Donde se implementaron y compararon un conjunto de estadísticas relevantes, y además se muestra que los tiempos de ejecución de cada caracterizador generalmente obedecen a una ley de potencia.

¿Qué es la herramienta ISyS?

ISyS, cuyas siglas traducen Inhomogeneous Systems Simulator, es una herramienta desarrollada, con la intención de servir las necesidades computacionales de la comunidad de investigadores, dedicados al estudio de sistemas espacio-temporales definidos sobre redes[1]. ISyS permite implementar modelos de autómatas celulares, redes de mapas acoplados y redes neuronales; de una manera general y en un contexto integral. La herramienta ISyS está conformada por varios módulos, los cuales se pueden clasificar en tres grupos. **El primer grupo**, es el núcleo del sistema y lo conforman el motor de simulación, el módulo gráfico y el manejador de errores. **El segundo grupo** lo conforman una serie de rutinas de soporte, y **El tercer grupo** lo conforman los módulos que definen al sistema dinámico espacio temporal.

Matriz de Adyacencia

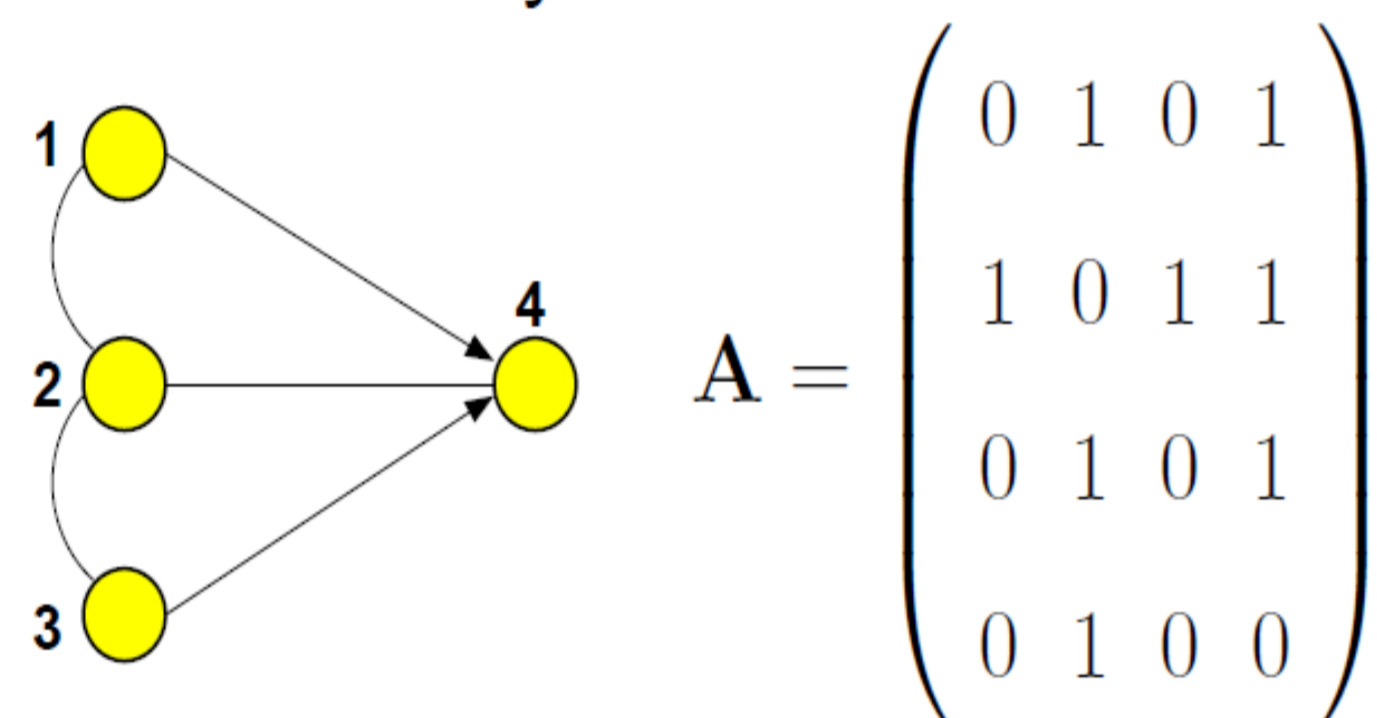


Figura 1. Representación gráfica y matricial de la información analizada por ISyS.

¿Cómo ISyS almacena los datos?

Conjunto de Vecinos

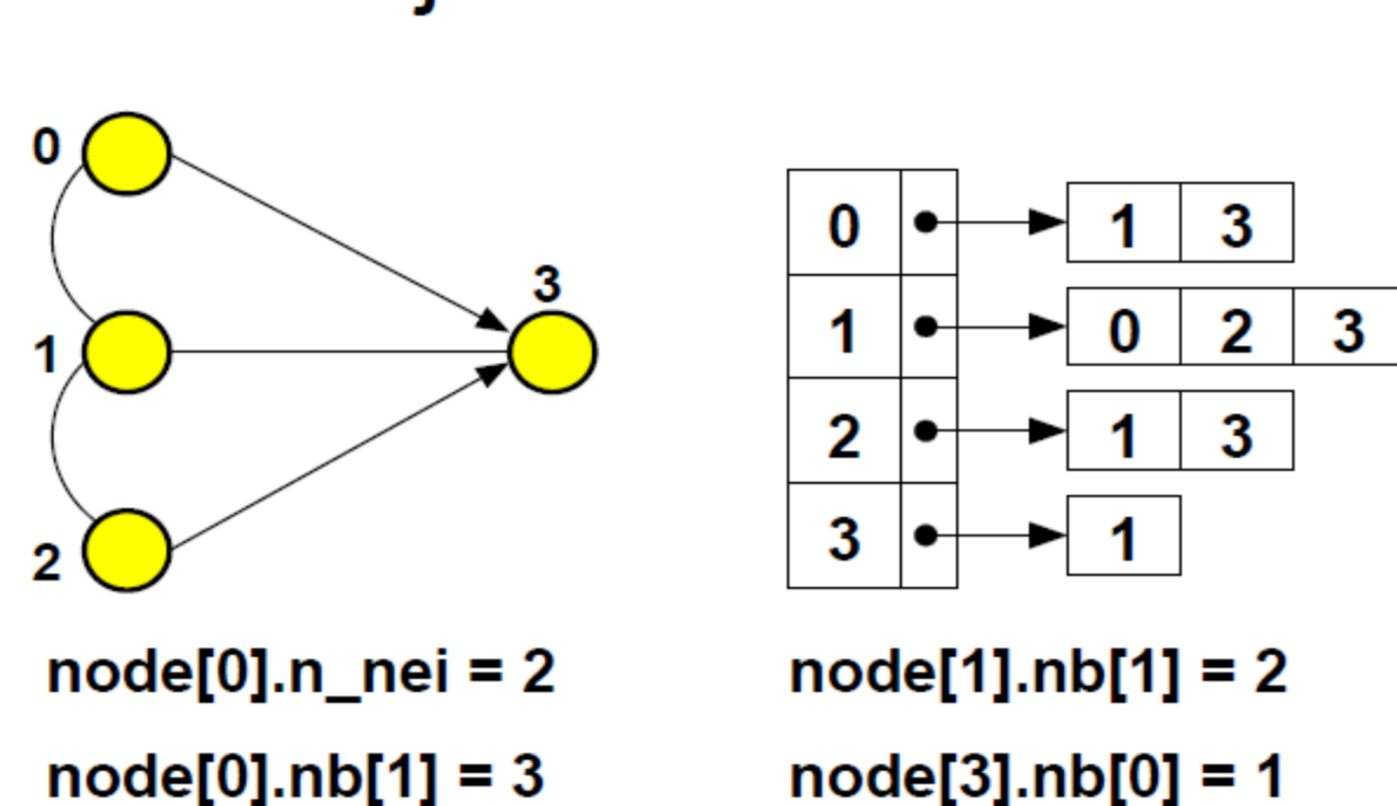


Figura 2. Forma como ISyS almacena los datos sobre un grafo con aristas dirigidas y no dirigidas.

Nuevo módulo de ISyS

Grados entrantes.	Distancia promedio.	Vulnerabilidad sin el nodo i .
Grados salientes.	Eficiencia.	Vulnerabilidad máxima.
Distribución de grados salientes.	Eficiencia sin el nodo i .	Coefficiente de agrupamiento.
Distribución de grados entrantes.	Media armónica.	Espectro de Autovalores.
Entropía.		

Figura 3 Caracterizadores implementados en el módulo.

Ejemplos: Implementación de caracterizadores en el Nuevo Módulo de ISyS

Presentaremos algunas medidas relacionadas con redes de tipo Erdos-Rényi, Barabási-Albert, Watts-Strogatz y regulares con la finalidad de ilustrar como se utilizan las nuevas medidas implementadas. Luego mostraremos la relación entre el tamaño de la red y el tiempo de ejecución.

```
void entropy(){
    long n; double entro,ff,*w; long double s = 0;
    long double ss = 0;
    long kMin = nn,kMax = 0, *h, nHisto;
    for(n=0; n<nn; n++){
        if(node[n].n_nei > kMax) kMax = node[n].n_nei;
        if(node[n].n_nei < kMin) kMin = node[n].n_nei;
        nHisto = kMax-kMin+1;
        if(h=(long*)calloc(nHisto,sizeof(long)))==NULL)
            error_message(2);
        if(w=(double*)calloc(nHisto,sizeof(double)))==NULL)
            error_message(2);
        for(n=0; n<nHisto; n++){
            h[n] = 0; w[n] = 0;
            for(n=0; n<nn; n++){
                ss += node[n].n_nei*node[n].n_nei;
                h[node[n].n_nei-kMin]++;
            }
            ff = 0;
            for(n=0; n<nHisto; n++){
                ff += ((double)h[n])/nn;
                w[n] = ((double)h[n])/nn;
            }
            entro = 0;
            for(n=0; n<nHisto; n++){
                if(w[n] > 0){
                    entro += w[n]*log10(w[n]);
                }
            }
            printf(" Entropia %t\tlf \n\n",(-1.0)*(entro));
        }
    }
}
```

$$H = - \sum_k P_k \log(P_k)$$

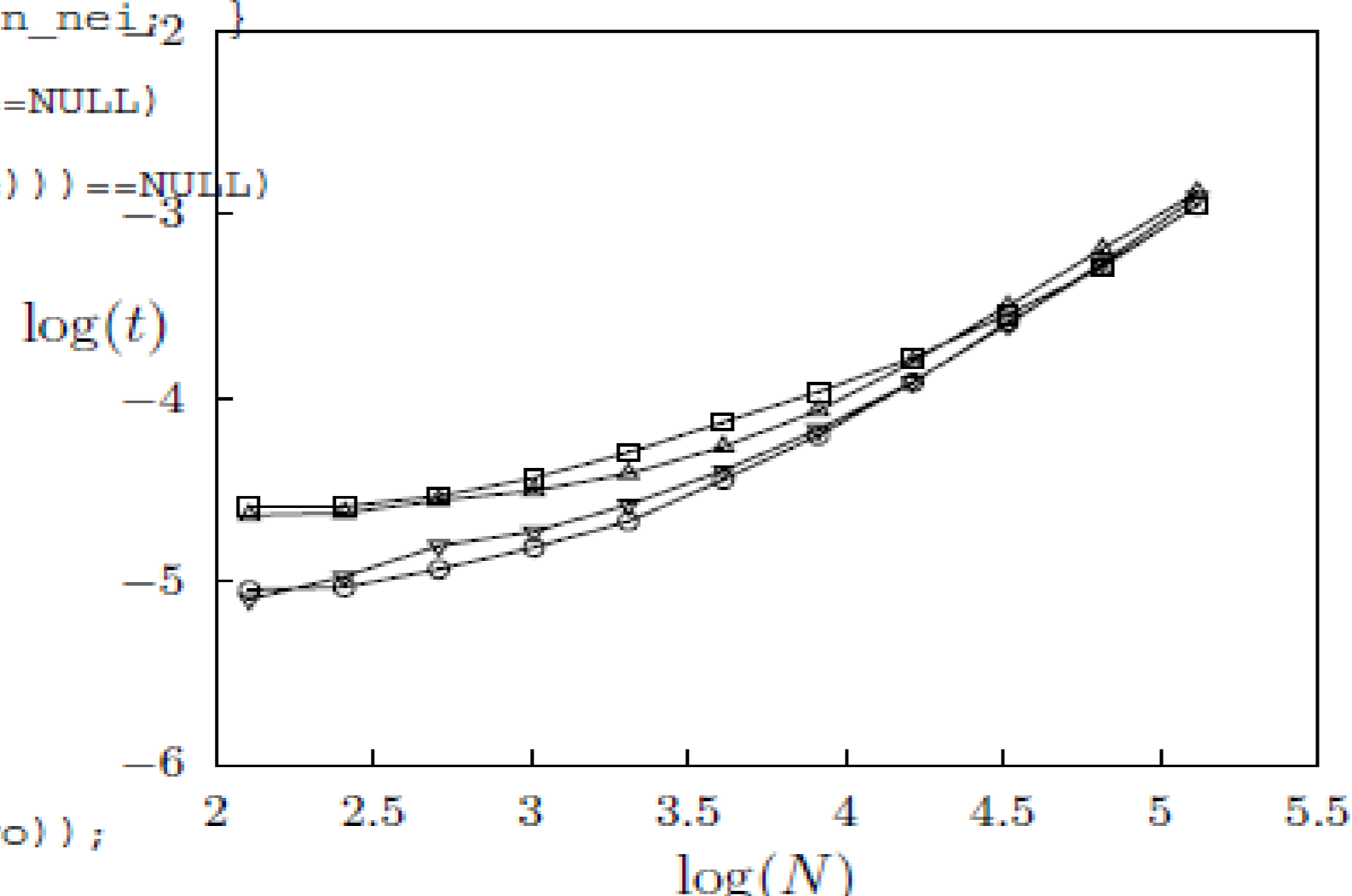


Figura 4 A la izquierda, visualizamos el código implementado para la entropía. Y a la derecha vemos la relación del caracterizador entre el número de nodos de la red y el tiempo de ejecución en la escala Log(t)&Log(N).

En este caso observamos la independencia que tiene el caracterizador respecto del tipo de red, dado que al realizar la ejecución obtenemos que el tiempo de ejecución versus el número de nodos de la red siguen una ley de potencia.

Luego de ejecutar cada uno de los caracterizadores, realizamos la comparación de cada una de las medidas respecto, de los patrones establecidos de acuerdo al tipo de red[2], obteniendo buenos resultados.

```
void vulnerability(double* v,double* q)
{
    double eg;
    long i;
    eg = globalefficiency();
    for(i=0; i<nn; i++){
        v[i]=((eg-q[i])/eg);
    }
    for (i=0; i<nn; i++){
        if (q[i]>vMax)
            vMax=v[i];
    }
}

double MaxVulnerability(double* v)
{
    int i;
    double vMax = v[0];
    for (i=1; i<nn; i++){
        if (v[i]>vMax)
            vMax=v[i];
    }
    return vMax;
}
```

$$\langle V \rangle = \max_i V_i$$

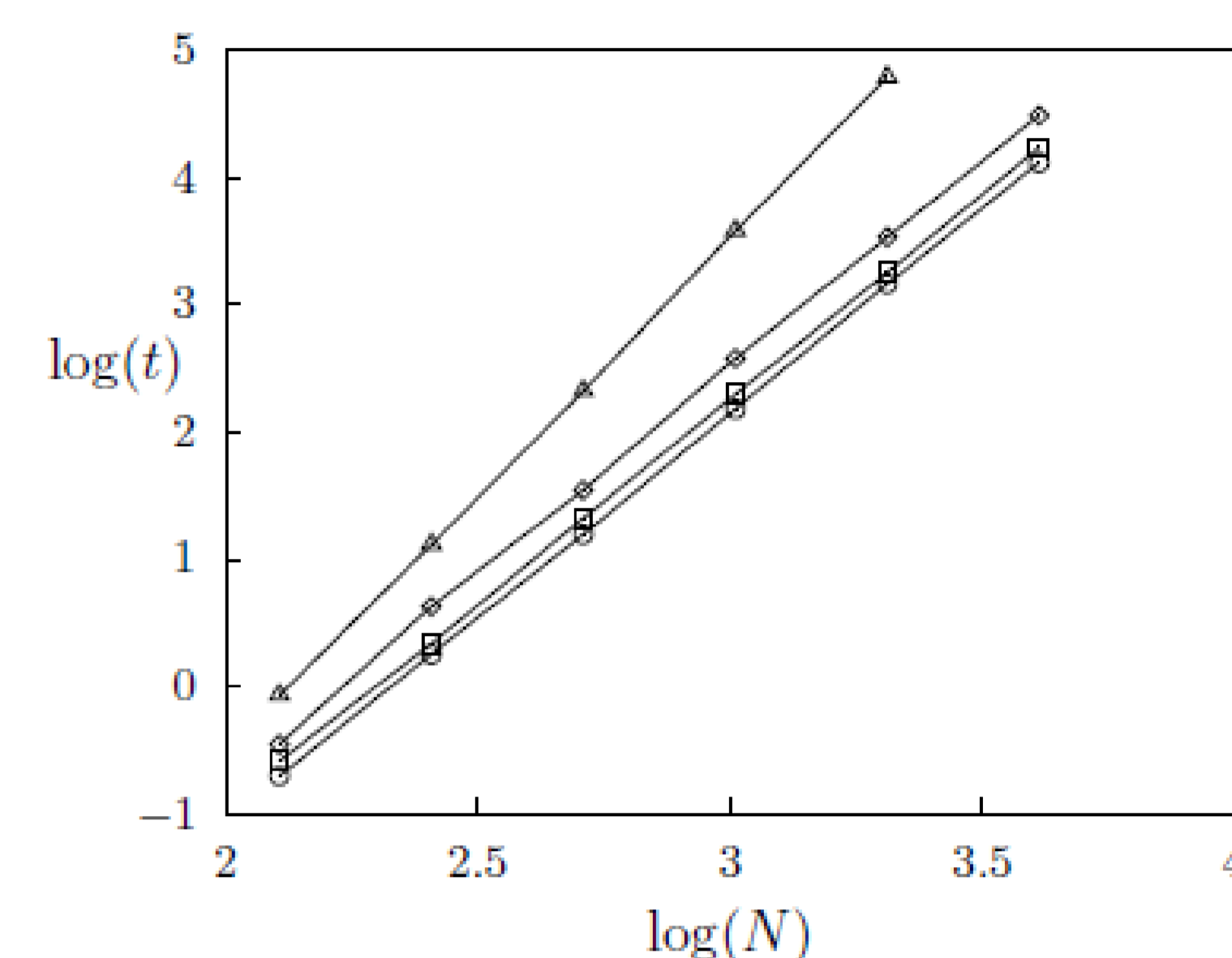


Figura 5: Presentamos los códigos de la vulnerabilidad promedio y vulnerabilidad máxima[3], en lenguaje c. Así mismo, Observamos la relación del caracterizador entre el número de nodos de la red y el tiempo de ejecución en la escala Log(t)&Log(N)

Tabla 1: Exponentes de la ley de potencia $T \sim N^Y$, de acuerdo a cada tipo de red y caracterizador Y se ha obtenidos numéricamente:

CARACTERIZADOR	RED (B-A) CUADROS	RED (E-R) CIRCULOS	RED (S-W) ROMBOS	RED REGULAR TRIANGULOS
K_{IN}	0,86 ± 0,02			
K_{OUT}	0,96 ± 0,01			
ENTROPÍA	TIEMPOS DE EJECUCIÓN MUY PEQUEÑOS			
LONGITUD CARACTERÍSTICA	2,45 ± 0,03	2,53 ± 0,04	2,22 ± 0,01	3,07 ± 0,02
COEFICIENTE DE CLUSTERING	1,244 ± 0,006	1,10 ± 0,02	1,244 ± 0,006	0,97 ± 0,01
VULNERABILIDAD MAX	3,20 ± 0,01		3,26 ± 0,03	4,04 ± 0,02
ESPECTRO DE AUTOVALORES	3,25 ± 0,06			

CONCLUSIONES

Posterior a la revisión bibliográfica específicamente la publicación de L. da F. Costa[2]:

- 1-. Seleccionamos los caracterizadores: Grado de la red, la distribución de probabilidades de los grados entrantes y salientes, la entropía de la distribución de grado, la longitud característica, la Eficiencia, la eficiencia sin el nodo i , la vulnerabilidad sin el nodo i , la Vulnerabilidad máxima, el coeficiente de agrupamiento para grafos simples y dirigidos y el espectro de autovalores de la red.
- 2-. Realizamos la implementación y verificación de cada uno de ellas en ISyS como un nuevo módulo.
- 3-. Calculamos para las diferentes medidas ya implementadas en ISyS los tiempos de ejecución para diferentes tamaños de red estableciendo generalmente una relación funcional de una ley de potencia $T \sim N^Y$ entre el tamaño de la red y el tiempo requerido por la implementación del caracterizador.
- 4-. Por último en el archivo de cabecera de las medidas implementadas, está el manual del usuario de las mismas, que se debe distribuir con las nuevas versiones de ISyS.

REFERENCIAS

[1]. Tucci, K. Procesos dinámicos espaciotemporales en redes inhomogéneas. Tesis Doctoral, Doctorado en Física Fundamental, Universidad de Los Andes. Mérida. Venezuela. (2002)
 [2]. L. da F. Costa, F.A. Rodriguez, G. Travieso, P.R.Villas Boas, Characterization of Complex Networks: A Survey of measurements, Instituto de Física de São Carlos, Universidade de São Paulo, Física, SP. Brazil, 16 August (2006).
 [3]. V. Latora M. Marchiori Vulnerability and protection of critical infrastructure. Physics Review E, 71:015103R,(2005).