

# NYQUIST 1.1

REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE NYQUIST Y VARIOS CÁLCULOS ANALÍTICOS DE LA FUNCIÓN DE TRANSFERENCIA (MÓDULO Y ARGUMENTO) PARA LA

**TEXAS INSTRUMENTS 92 PLUS.**



por

José Manuel Gómez Vega

[gomezvega@hotmail.com](mailto:gomezvega@hotmail.com)

*...es otro programa paso a paso...*

## **ÍNDICE**

**1. Historia de Nyquist 1.1**

**2. Tipo de Calculadora, instalación**

**3. ¿Qué hace Nyquist 1.1 ?**

**4. Problema resuelto con Nyquist 1.1**

**5. El autor de Nyquist 1.1**

Este programa no resultó muy difícil de programar. El gráfico en paramétricas en la calculadora es muy sencillo de hacer, pues tan solo hay que descomponer la función de transferencia en parte real  $x(t)$  y parte imaginaria  $y(t)$ , una vez hecho el cambio de variable  $s = jw$  y después  $w = t$ . Añadí finalmente una funcionalidad para obtener puntos, mediante el cálculo de valores de módulo y fase con un valor introducido de frecuencia.

### Instalación

La instalación genera en la calculadora la carpeta Nyquist que contiene el programa *Nyquist*. Use TI GraphLink o TI Connect para transferir el programa a la calculadora. Puede llamarse desde la carpeta Nyquist. Las variables del programa se borran una vez se sale del programa con el comando Salir. Si no se sale del programa de esta forma (salida indebida por error, apretando el botón ON, etc), habrán de borrarse las variables almacenadas manualmente, o bien arrancar nuevamente el programa y elegir *Salir*, para salir del mismo efectuando dicho borrado

El programa se ajusta a modo *RAD* (Radianes) y con el modo decimales en *APPROXIMATE* (Aproximado) y el modo gráfico en *PARAMETRIC* (Paramétrico).

### Tipo Calculadora y S.O

El programa se ha realizado para la Texas Instruments 92 Plus. Aunque no lo he probado, debe valer igualmente para la Voyage 200 pues no existen diferencias salvo en recursos de memoria. Al no disponer de un emulador de esta calculadora no puedo probarlo, pero a pesar de estar el programa guardado en formato de TI 92 plus (.9xp) creo que traspasarlo a una Voyage 200 no dará problemas. Sin embargo, para la Texas Instruments 89 puede no funcionar por problemas de dimensión de ancho y alto de columnas en funciones *Text*, *Disp*, *Output*, etc que habría que modificar para hacerlo compatible.

Lo he probado en sistemas operativos AMS 2.05, 2.08 y 2.09 sin problemas de cuelgues o fallos. El programa cuando se instala en la calculadora está archivado. De esta forma, si se envía a la calculadora mediante TI Connect o TI Graph Link, va preparado para ejecutarse con rapidez, ocupando poca memoria. Si se usa el emulador y se envía, se carga pero con la protección *Lock* (¡pero sin archivar!), por lo que el programa correrá más despacio. Se recomienda realizar *Unlock lineal* que desbloquea el programa principal, y seguidamente cargar dicho programa (en la carpeta *nyquist*), mediante *nyquist()*. Seguidamente pulsar *ON* y esperar hasta que pasen unos 10 segundos hasta que el programa haga *BREAK*. Acto seguido se archiva el programa con *Archive nyquist()*. De esta forma se consigue que dicho programa arranque automáticamente cuando se le llame con *nyquist()*. Se recuerda que el C.A.S de la TI no diferencia entre mayúsculas y minúsculas por lo que Nyquist (), nyquist () y NyQuIsT () son idénticas formas de llamar al programa.

### Breve descripción funciones y programas

**nyquist\nyquist() - Programa que grafica Nyquist y realiza cálculos de puntos con la función de transferencia**

**Tipo archivo:** Programa Ti Basic

**Sintaxis:** nyquist\nyquist (válido en cualquier carpeta)

**Objetivo:** Graficar Nyquist e informar analíticamente de puntos, módulo y argumento de función de transferencia.

### Garantía

El autor no se responsabiliza de cualquier tipo de error o problema que se pueda derivar con la ejecución de Nyquist(), pues no tiene garantía de ningún tipo. Este programa es de licencia libre; puede difundirse, mejorarse, alterarse, copiarse, etc, citando la referencia del autor. Si se modifica el programa rogaría se me comunicase, para así estar al tanto de la evolución de Nyquist 1.1.

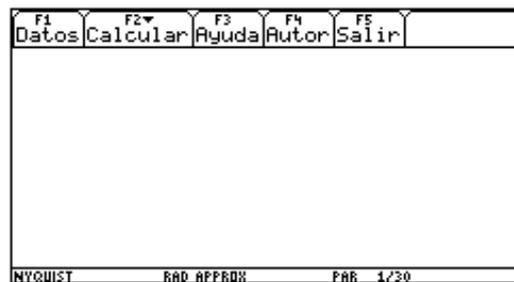
### BREVE DESCRIPCIÓN. PROBLEMAS QUE RESUELVE

Nyquist permite graficar el diagrama de Nyquist desde **dos puntos de vista**:

- 1) **El normal.** Mediante la introducción de un valor inicial de la frecuencia, un valor final y un paso. Se dibuja en paramétricas tras haber tomado las partes real e imaginaria en la representación paramétrica. El dibujo no es perfecto, en el sentido que dependerá del paso y del valor final (el valor inicial generalmente deberá ser 0), por lo que podrá haber casos en que el dibujo sea incompleto. Indudablemente se podría poner un valor muy grande y un paso muy pequeño y podríamos estar muchísimo tiempo esperando el resultado...Al final conseguiríamos el gráfico perfecto, pero el tiempo invertido harían inviable este método (hay que tener en cuenta que  $w$  puede valer infinito). Sin embargo, valores entre 0-10 grafican la mayor parte del resultado y un paso de 0.1 es bastante aceptable por lo que son los valores recomendados. En definitiva habría que cubrir valores superiores a 10 de frecuencia, quizás para algunos casos. Para paliar este inconveniente se ha diseñado unos gráficos de superposición, de tal forma que sobre un dibujo para unos valores se puede superponer otro con distintos valores que cubran el espectro de frecuencias que más interesen. Esta manera de proceder es debida a la forma de graficar las paramétricas esta calculadora, que como se ha comentado adolecen de este problema (de tiempo de cálculo).
- 2) **El analítico.** Introduciendo valores de frecuencia, ofrece los valores numéricos para la función de transferencia particular (módulo, fase y afijo en formato  $r = x + jy$ ) y va posicionando los puntos en el plano polar secuencialmente. Evidentemente, éste no es buen método para graficar por parte de la calculadora, pues habría que introducir muchísimos valores de  $w$ , pero la ventaja es que muestra la posición de varios puntos para intuir la gráfica, aparte del conocimiento numérico de la función de transferencia desglosada. Este método ofrece también: función de transferencia expandida, módulo y fase (o argumento) de la misma.

### MENÚS

El menú principal contiene 5 items y es el siguiente:

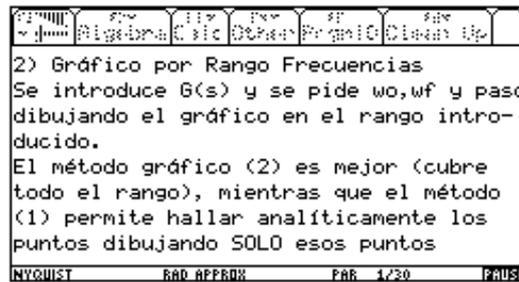
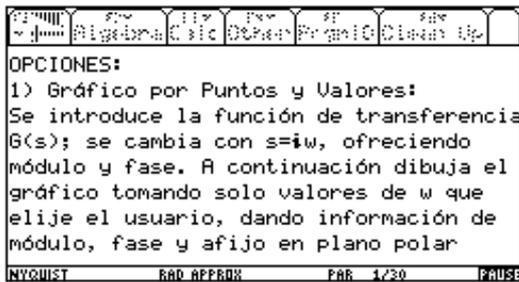


1) **DATOS:** Pide la introducción del dato de la función de transferencia.

2) **CALCULAR:** Hay que seleccionar entre los dos tipos de gráficos.



3) **AYUDA:** Ofrece una breve información de las dos modalidades de cálculo que se realizan en el programa.



4) **AUTOR:** Designación de la versión del programa y breve referencia del autor.



5) **SALIR:** Abandona el programa, borrando las variables creadas en la carpeta actual.

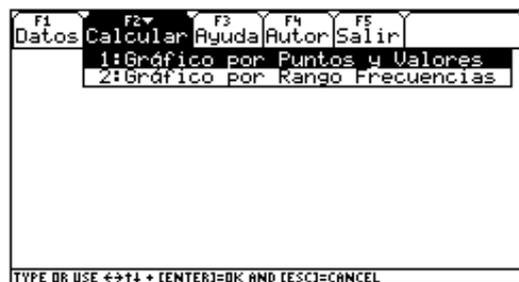
<a href="#">Anterior</a>	<b>4. Problema resuelto con Nyquist.</b>	<a href="#">Siguiente</a>
--------------------------	--	---------------------------

Un sistema de realimentación negativa tiene la siguiente función de transferencia en cadena abierta  $G(s)H(s)$ :

$$G(s) \cdot H(s) = \frac{2 \cdot (s-1)}{(s+1)(s+2)(s+7)}$$

Obtener la función de transferencia expandida para  $s = j\omega$ , el módulo y fase de la misma, así como el diagrama de Nyquist. Hallar asimismo el afijo del plano polar correspondiente a:  $\omega=0$ ,  $\omega=1$ ,  $\omega=2$

Comenzamos introduciendo el dato de la función de transferencia. Se puede introducir un nombre de variable si se ha guardado en memoria previamente (en la carpeta actual). Como sabemos, el rectángulo de introducción de datos no limita físicamente el tamaño para la misma, pues permite correr la pantalla como se observa en la imagen. A continuación elegimos la forma de resolver el problema. Empezamos por **Gráfico por Puntos y Valores**.



Nos muestra, a continuación, la función de transferencia. Se cambia de nomenclatura, pasará a ser  $G(s)$  y no  $G(s)H(s)$  como en el enunciado del problema. Se obtiene: la función  $G(j\omega)$  factorizada y expandida, el módulo y la fase.

Función transferencia en cadena abierta:

$$g(s) = \frac{2 \cdot (s - 1)}{(s + 1) \cdot (s + 2) \cdot (s + 7)}$$

NYQUIST DEG AUTO PAR 0/30 PAUSE

G(s) con s=iw es G(iw):

FACTORIZADO

$$g(w \cdot i) = \frac{2 \cdot (i \cdot w - 1)}{(i \cdot w + 1) \cdot (i \cdot w + 2) \cdot (i \cdot w + 7)}$$

EXPANDIDO

$$g(w \cdot i) = \frac{-2 \cdot (w^4 - 33 \cdot w^2 + 14)}{w^6 + 54 \cdot w^4 + 249 \cdot w^2 + 196} - \frac{2 \cdot i}{w^6 + 54}$$

NYQUIST DEG AUTO PAR 0/30 PAUSE

G(s) con s=iw es G(iw):

FACTORIZADO

$$g(w \cdot i) = \frac{2 \cdot (i \cdot w - 1)}{(i \cdot w + 1) \cdot (i \cdot w + 2) \cdot (i \cdot w + 7)}$$

EXPANDIDO

$$\frac{3 \cdot w^2 + 14}{249 \cdot w^2 + 196} - \frac{2 \cdot w \cdot (11 \cdot w^2 - 37)}{w^6 + 54 \cdot w^4 + 249 \cdot w^2 + 196} \cdot i$$

NYQUIST DEG AUTO PAR 0/30 PAUSE

Módulo: |G(iw)|

FACTORIZADO

$$|g(w \cdot i)| = \frac{2}{\sqrt{(w^2 + 4) \cdot (w^2 + 49)}}$$

EXPANDIDO

$$|g(w \cdot i)| = \frac{2}{\sqrt{w^4 + 53 \cdot w^2 + 196}}$$

NYQUIST DEG AUTO PAR 0/30 PAUSE

Fase:  $\phi(w)$

$$\phi(w) = \tan^{-1} \left( \frac{w \cdot (11 \cdot w^2 - 37)}{w^4 - 33 \cdot w^2 + 14} \right)$$

NYQUIST DEG AUTO PAR 0/30 PAUSE

Ahora hallamos los puntos del plano polar correspondientes a los valores de w: 0,1,2. Una vez seleccionado el valor de la frecuencia nos preguntará si el valor se acerca por la derecha (+) o por la izquierda (-). Esto está pensado en casos en que al hacer la sustitución en la función de transferencia para el módulo y el argumento dé infinito si se elige el valor normal centrado.

Introduzca frecuencia w

w ?

0

1:0  
2:0+  
3:0-

Use valor (+/-) si el límite normal da ∞ con w dado para G(iw)

TYPE OR USE ←+1+ (ENTER)=OK AND (ESC)=CANCEL

Con Frecuencia w=0....

|g(w·i)| = .142857

$\phi(w \cdot i) = 180.$

Afijo en plano polar: r=x+iy

r = -.142857

NYQUIST DEG APPROX PAR 1/30 PAUSE

Valor anterior :w=0.

1:Otro Valor  
2:Dibujar  
3:Cambiar Cálculo

TYPE OR USE ←+1+ (ENTER)=OK AND (ESC)=CANCEL

Con Frecuencia w=1....

|g(w·i)| = .126491

$\phi(w \cdot i) = 55.3048$

Afijo en plano polar: r=x+iy

r = .072 + .104 · i

NYQUIST DEG APPROX PAR 1/30 PAUSE

Con Frecuencia w=2....

|g(w·i)| = .097129

$\phi(w \cdot i) = -7.81529$

Afijo en plano polar: r=x+iy

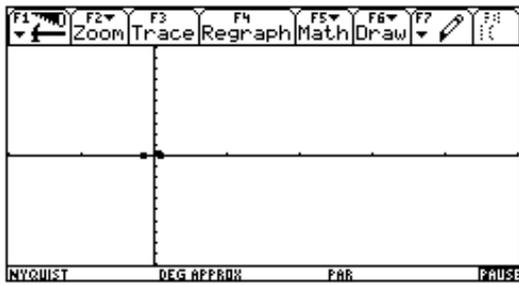
r = .096226 - .013208 · i

NYQUIST DEG APPROX PAR 6/30 PAUSE

Valor anterior :w=2.

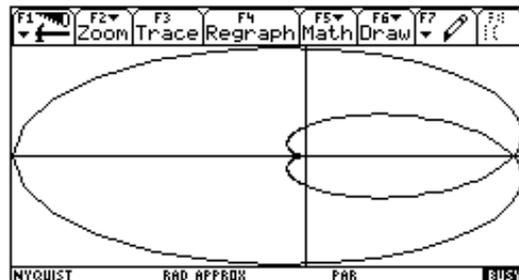
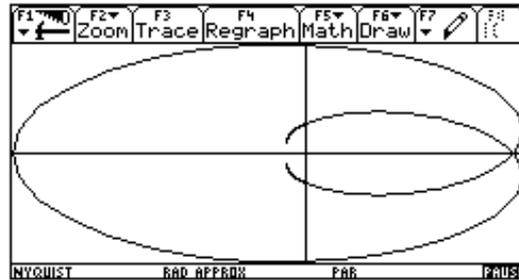
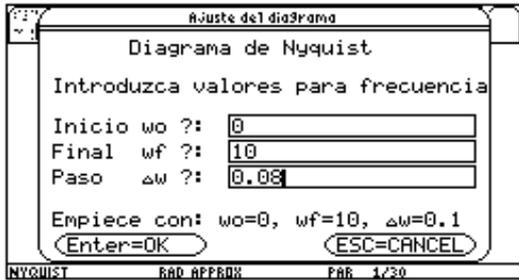
1:Otro Valor  
2:Dibujar  
3:Cambiar Cálculo

TYPE OR USE ←+1+ (ENTER)=OK AND (ESC)=CANCEL



Ahora comenzamos el cálculo del **Gráfico por Rango de Frecuencias**. Se introducen los valores para  $w$  (inicial, final) y el paso.

Se recomiendan los valores que se observan en la pantalla. No obstante, puede apreciarse en este caso que falta un poco de gráfico del principio y del final de  $w$ . Repitiendo los valores sale la gráfica completa. Además el gráfico sigue el orden de  $w=0$  a  $w=\infty$ , en cuanto que el gráfico se va dibujando así.



El programa permite en este caso graficar por superposición. En este problema el gráfico segundo superpone al primero, pero si variásemos los parámetros habiendo incrementado el paso, por ejemplo, en el primer gráfico, veríamos la superposición claramente. Esto sirve para cubrir áreas distintas. De todas formas, es cuestión de ensayar.

Soy estudiante de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, especialidad Mecánica de Máquinas por la U.N.E.D (Universidad Nacional de Educación a Distancia), universidad a distancia española. Simultaneo estudios con trabajo (tengo 35 años) y desde hace casi tres años descubrí esta calculadora. Llevo más de un año de experiencia como programador, partiendo de cero, aunque ya conocía la estructura del Basic. No he podido hasta ahora publicar ningún programa, debido a la falta de tiempo, sobre todo, para hacer manuales.

Estoy *enfrascado* en varios proyectos importantes en el área de Cálculo de Estructuras que me absorben la mayor parte del tiempo que dedico a la programación. Me gustaría que este programa (Lineal 1.1) fuera útil y libre de errores (bugs).

Cualquier error del programa, sugerencia o comentario, no dudes en planteármelo en:

[gomezvega@hotmail.com](mailto:gomezvega@hotmail.com)

Visita la página: <http://members.fortunecity.es/etsii/>

para otros recursos de Ingeniería Industrial y programas de la Texas Instruments 92 plus y Voyage 200.