

**PASCAL THEORY AS A SOFTWARE IMPLEMENTED BY DIGITAL FILTER
FOR FILTERING NOISE GENERATED BY AN INDUCTION MOTOR
SQUIRREL CAGE TYPE**

**TEORIA DE PASCAL COMO FILTRO DIGITAL IMPLEMENTADO POR
SOFTWARE PARA EL FILTRADO DEL RUIDO GENERADO POR UN MOTOR
DE INDUCCION TIPO JAULA ARDILLA**

MSc. Carlos Alberto Vera Romero*, PhD. Ivaldo Torres Chávez**

* **Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD).** Sede Pamplona.

E-mail: carlos.vera@unad.edu.co

** **Universidad de Pamplona.** Facultad de Ingenierías y Arquitectura
Ciudadela Universitaria. Pamplona, Norte de Santander, Colombia.

E-mail: ivaldo.torres@unipamplona.edu.co

Abstract: This project deals with the implementation of the theory of Pascal's triangle as digital filter software used by the noise present in the samples of a data acquisition system. For sampling and testing of filtering the generated signal was captured by the starting of an induction motor squirrel cage built with a card using the PIC 18F452 microcontroller from MICROCHIP company and a graphical interface software using LabVIEW version 8.2. In processing the data with Pascal's theory improves the behavior of the signal by eliminating the background noise generated by the application system (product generated by engine noise) by filtering the number of samples acquired per unit time. And conclude that the more sample data and filtering with the mathematical model of the triangle signal obtained is improved.

Keywords: Pascal triangle, data acquisition, digital filtering, Labview.

Resumen: Este proyecto trata de la implementación de la teoría del triángulo de Pascal como filtro digital aplicado por software al ruido presente en la toma de muestras de un sistema de adquisición de datos. Para la toma de muestras y prueba del filtrado se capturó la señal generada por el arranque de un motor de inducción tipo jaula ardilla con una tarjeta construida empleando el microcontrolador PIC 18F452 de la empresa MICROCHIP y una interfaz gráfica utilizando el software profesional LABVIEW versión 8.2. En el procesamiento de los datos con la teoría de Pascal mejora el comportamiento de la señal eliminando el ruido de fondo generado por el sistema de aplicación (ruido producto generado por motor), filtrando el número de muestras por unidad de tiempo adquiridas. Evidenciándose que entre más datos de muestra tomada y filtrando con el con el modelo matemático del triángulo se mejora la señal obtenida.

Palabras clave: Triángulo de Pascal, adquisición de datos, filtro digital, Labview.

1. INTRODUCCION

En la naturaleza se encuentran todo tipo de ruidos, desde los más atractivos hasta los más

desagradables e intolerantes para el oído humano, e incluso desde ruidos sumamente cortos pero de gran intensidad [1].

El ruido se puede definir como una fluctuación aleatoria de una magnitud eléctrica no deseada. En el proceso de transmisión de señales siempre tiene involucradas perturbaciones e interferencias que son producidas por señales ajenas a las mismas, ocasionando el ruido en los sistemas de comunicación [2].

Las señales que producen ruido en estos sistemas son de origen aleatorio y entre distintas fuentes de ruido, se las puede clasificar en [2]:

- Ruido producido por el hombre*: se debe a la recepción de señales indeseables provenientes de otras fuentes tales como contactos defectuosos, artefactos eléctricos, radiación por ignición y alumbrado fluorescente. Este ruido puede evitarse, eliminando la fuente que lo produce. [2].
- Ruido por perturbaciones naturales y erráticas*: El ruido natural errático puede proceder de relámpagos, tormentas eléctricas en la atmósfera, ruido intergaláctico, eclipses, o disturbios atmosféricos en general. [2].
- Ruido de fluctuación o Ruido Térmico*: Este tipo de ruido, aparece dentro de los sistemas físicos y son ocasionados por fluctuaciones espontáneas como el movimiento de los electrones libres dentro de un resistor. [2].

Esto significa que a distintos intervalos de tiempo pequeños, el número de electrones emitidos no será el mismo, sino que estará dado en forma aleatoria. Sin embargo, en promedio, la emisión electrónica es constante si se consideran grandes períodos de tiempo. Por lo tanto, la corriente formada por los electrones emitidos no es constante sino que fluctúa alrededor de un valor medio como se muestra en la fig. 1 [2].

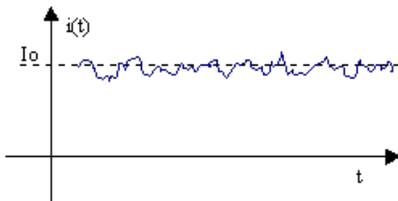


Fig. 1. Ruido de fluctuación o Ruido Térmico. [2]

- Ruido de transición*: Causado por los desfases que aparecen entre las tensiones y las corrientes en el interior de los dispositivos debidos al tiempo que los portadores de carga tardan en atravesarlos. [2].

- Ruido blanco*: Es aquel que posee una densidad espectral de tensión de ruido o de intensidad de ruido constante [8].

Para el ruido blanco, el valor eficaz (rms) es proporcional a la raíz cuadrada de la anchura de banda, en la ecuación 1 y 2, se puede ver el comportamiento del voltaje y la corriente [8].

$$E_{n=} e_{nw} \sqrt{f_H - f_L} \Rightarrow E_n \approx e_{nw} \sqrt{f_H} \quad \text{Ec. (1)}$$

Si $f_H > f_L$

$$I_{n=} i_{nw} \sqrt{f_H - f_L} \Rightarrow I_n \approx i_{nw} \sqrt{f_H} \quad \text{Ec. (2)}$$

En consecuencia, la potencia eficaz (rms) también varía de forma proporcional a la anchura de banda, ver ecuación 3 y 4 [8].

$$E_n^2 = e_{nw}^2 (f_H - f_L) \quad \text{Ec. (3)}$$

$$I_n^2 = i_{nw}^2 (f_H - f_L) \quad \text{Ec. (4)}$$

Donde k es la constante de Boltzman y es igual a $1.38 \cdot 10^{-23} \text{ J}^\circ\text{K}$, y la definición de tensión se puede ver en la ecuación 5 y la definición de corriente se puede ver en la ecuación 6 [8].

$$e_n^2 = \frac{K_e^2}{f} \quad e_n = \frac{K_e}{\sqrt{f}} \quad \text{Ec. (5)}$$

$$i_n^2 = \frac{K_i^2}{f} \quad i_n = \frac{K_i}{\sqrt{f}} \quad \text{Ec. (6)}$$

- Ruido rosa o ruido 1/f*: Es aquel que posee una densidad espectral de potencia de ruido que es inversamente proporcional a la frecuencia [8].

2.0 FUNDAMENTOS TEORICOS TRIANGULO DE PASCAL

El triángulo de Pascal (también conocido como triángulo de Tartaglia) es un triángulo formado por números enteros, se disponen los números en un arreglo triangular con unos (1) en su vértice superior y en los lados adyacentes a dicho vértice; cada uno de los demás términos es la suma de los dos números inmediatamente superiores a su izquierda y a su derecha, en una disposición infinita con simetría bilateral respecto a la bisectriz de su ángulo fijo superior.

Las líneas o filas se enumeran de arriba hacia abajo y los términos, las verticales o columnas y las diagonales, de izquierda a derecha, partiendo de cero y considerando la simetría [7].

La fórmula por la cual se construye el triángulo de Pascal se obtiene de la expansión del binomio n -ésimo siguiente [8]:

$$(a + b)^n \quad \text{Ec. (7)}$$

3. RESULTADOS

3.1. Desarrollo de la interfaz

En el ambiente de trabajo de LabVIEW existen dos paneles, el panel frontal y el panel de programación.

En el panel frontal se diseñó la interfaz de usuario. En figura 2 se puede observar la interfaz desarrollada, donde se nota el tipo de filtro que deseamos, dependiendo de la aplicación. También se puede ver el número de datos que entran, cual es el valor de cada dato a cierto tiempo, el proceso de filtrado donde se hace la operación matemática es decir la implementación de la teoría del triángulo de Pascal, el número de datos procesados y al concluir este proceso se vera la señal leída y la señal procesada.



Fig. 2. Interfaz gráfica de panel frontal.

En el panel frontal de programación de la figura 2 se relacionan los elementos utilizados en la interfaz que consta de: adquirir un señal con la tarjeta NI6008, esta señal se procesa dependiendo del número de datos de la señal original se escoge el tipo de filtro de procesamiento, los datos entran por un WHILE dentro de este WHILE hay un FOR este se ejecutará las veces del tipo de filtro que haya escogido el usuario, dentro de este FOR se encuentra un icono que es la entrada de la señal y tiene un indicador numérico que mostrara el dato y se conecta con la función WAVEFORM CHART que es el graficador de la señal de entrada.

El número de datos que entran por la tarjeta siguen su trayectoria por un estructura llamada CASE que es la que lleva el conteo de los datos, la comparación las operaciones básicas como suma, resta, etc.; de manera que se haga el proceso de la implementación de la teoría del triángulo de Pascal, después de salir de esta estructura se sigue a graficar este punto a donde el graficador de la señal de entrada haciendo la comparación de cada punto entre la señal de entrada y la señal procesada

La figura 3 representa el diagrama de bloques de nuestra interfaz donde se puede ver la programación y distribución de los elementos en cada bloque de los diferentes filtros.

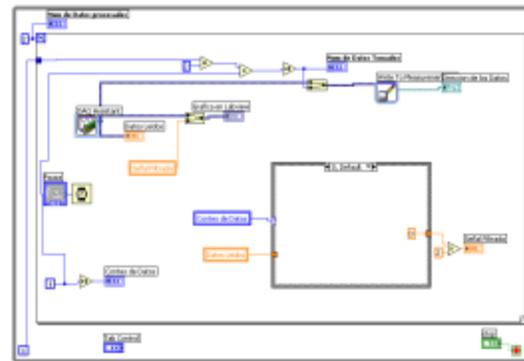


Fig. 3. Diagrama de bloques de la interfaz gráfica de orden 2

En el filtro de orden 2 se toman cada dos datos de la señal de entrada y se hace el proceso matemático de multiplicar cada dato por el valor de 1, se suman y luego se dividen entre 2 que en este caso es el más sencillo porque es sólo el promedio de los datos.

$$\frac{(1x^1 + 1x^0)}{n = 2} \quad \text{Ec. (8)}$$

Donde:

x^1 → Valor del primer dato

x^0 → Valor del segundo dato

1 → Valor de unidad del triángulo de Pascal

n → Número por el cual se divide (2).

Para el filtro de orden 4 se adquieren los datos pero ya en este filtro cambia el proceso matemático los valores de los coeficientes son 1, 3, 3, 1 que serán los que van multiplicar los cuatro datos adquiridos, luego se hace la adquisición de los siguientes cuatro valores de la señal y se hace de nuevo la operación matemática para esto mostramos la explicación:

$$\frac{(1x^3 + 3x^2 + 3x^1 + 1x^0)}{n = 8} \quad \text{Ec. (9)}$$

Donde:

x^3 → Valor del primer dato

x^2 → Valor del segundo dato

x^1 → Valor del tercer dato

x^0 → Valor del cuarto dato

1 → Valor de unidad del triángulo de Pascal

n → Número por el cual se divide (8).

A continuación se muestra la estructura del triángulo para implementar la teoría de Pascal a modo de resumen, con los coeficientes utilizados para cada filtro, que son los siguientes:

n=1	1
n=2	1 1
n=3	1 2 1
n=4	1 3 3 1
n=5	1 4 6 4 1
n=6	1 5 10 10 5 1
n=7	1 6 15 20 15 6 1
n=8	1 7 21 35 35 21 7 1
n=9	1 8 28 56 70 56 28 8 1
n=10	1 9 36 84 126 126 84 36 9 1

Estos valores están multiplicados en la programación de algoritmo diseñado en LabView.

3.2. Pruebas de funcionamiento de la Teoría del Triángulo de Pascal

3.2.1. Filtros de ruido en componentes básicos

El tipo de ruido en componentes básicos se puede identificar por ciertos factores que influyen al momento de hacer medidas ya sea por las fuente, el cable de alimentación, el tomacorriente, las cargas eléctricas, etc.

Los componentes básicos utilizados fueron en circuitos de RLC a continuación se muestran las pruebas realizadas para comprobar la validez del algoritmo desarrollado y comprobar si funcionamiento. Del circuito se toma la señal de salida y se exporta para ser analizada con la herramienta matemática del EXCEL.

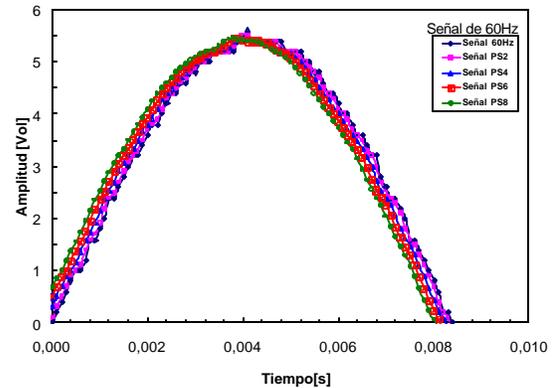


Fig. 4. Señal de 60Hz con (con ampliación) para observar el Triángulo de Pascal.

En la figura 4 se puede observar que para que se vea el proceso de filtrado se le hace una ampliación a la señal 60 Hz los cambios en las diferentes señales se va a ver mas profundo; se nota que la señal de color violeta es la señal original, arriba de esta se encuentra la señal de color fucsia que corresponde al filtro de orden 2 esta señal se mejora por el filtrado pero sin embargo no se ve tan claro el concepto, la señal de color azul corresponde al filtro de orden 4 se mejora la señal pero se sigue viendo ruido, ya en la señal de color rojo se ve mas claro la disminución de ruido y en la señal de color verde esta plasmado la disminución y mejoras de la reconstrucción de la señal adquirida.

En la figura 5 se puede observar que para que se vea el proceso de filtrado se le hace una ampliación a la señal como la frecuencia en la prueba anterior era de 60 Hz no se podía ver mas claridad, se hace una ampliación a esta prueba por la frecuencia que es de 600 Hz los cambios en las diferentes señales se va a ver mas profundo; se observa que la señal de color violeta es la señal original, arriba de esta se encuentra la señal de color fucsia que corresponde al filtro de orden 2 esta señal se mejora por el filtrado pero sin embargo no se ve tan claro el concepto, la señal de color azul corresponde al filtro de orden 4 se mejora la señal pero se sigue viendo ruido, ya en la señal de color rojo se ve mas claro la disminución de ruido y en la señal de color verde esta plasmado la disminución y mejoras de la reconstrucción de la señal adquirida.

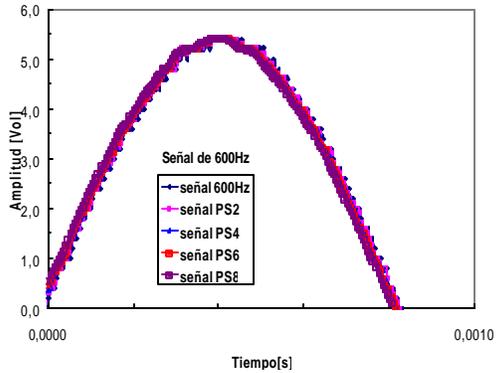


Fig. 5. Señal de 600Hz (con ampliación) para observar el Triángulo de Pascal.

3.3. Aplicaciones

3.3.1. Motor jaula ardilla

Se realizaron pruebas con un motor jaula ardilla para ver el comportamiento de la curva característica de arranque aplicando el algoritmo matemático diseñado capturando las señales que se presentan en el momento de arranque con la tarjeta NI6008 – USB de la *National Instruments* esta data se le aplica la teoría del Triángulo de Pascal y se observa que entre mayor es el orden del filtro que se escoja serán mejores las limpiezas de los datos en el momento de aplicar nuestro algoritmo con LabView 8.2.

Los resultados se observan a continuación en la figura 6.

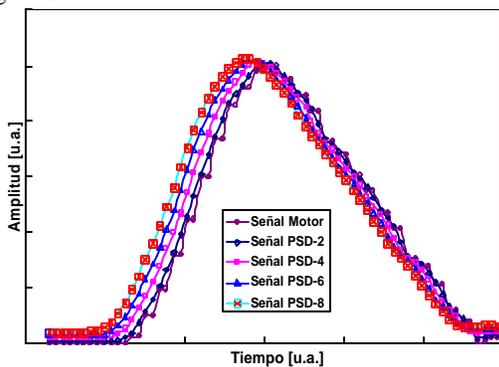


Fig. 6. Prueba con el motor de inducción

3.2.2. Cámara de sensores

Con la cámara de sensores se obtuvo el tipo de respuestas de los sensores figaro TGS (822-826) para ver el comportamiento de estos sensores al momento de haber aire dentro de la cámara y se captura una data con el algoritmo con LabView 8.2. En la figura 14 se muestra la cámara de sensores utilizada.

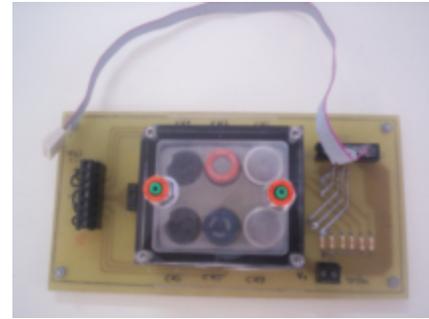


Fig. 7. Cámara de sensores desarrollada en la Universidad de Pamplona.

Se procesan los datos obtenidos con la ayuda del Excel y se aplica el triángulo de Pascal utilizando filtro de orden 2-4-6-8 con la intención de ver el número de datos, puntos o muestras por unidad de tiempo, para observar los cambios que tiene la señal. Entre más grande sea el orden del filtro, la señal obtenida mejora cada vez más con la aplicación de los coeficientes del triángulo que es multiplicada en cada punto de la señal.

En la figura 8 se aplica un desfase para poder observar el proceso de filtrado de la señal de la cámara de gases y además se hace una ampliación; se observa que la señal de color verde es la señal original. Arriba de esta se encuentra la señal de color violeta que corresponde al filtro de orden 2, esta señal se mejora por el filtrado pero sin embargo no se puede observar claramente el concepto. La señal de color fucsia corresponde al filtro de orden 4 se mejora la señal pero se sigue observando un valor de ruido. En la señal de color rojo se ve más claro la disminución de ruido. Por último, la señal de color gris posee una disminución apreciable y mejoras significativas en la reconstrucción de la señal. Se concluye que entre mayor sea el orden del filtro aplicado mejor serán las mejoras en la señal tratada.

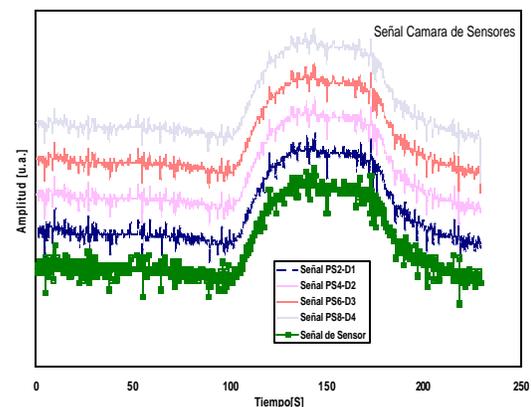


Fig. 8. Prueba con cámara de sensores

4. CONCLUSIONES

La teoría del triángulo de Pascal es implementada para filtrar señales relacionadas al número de muestras que se adquiere por unidad de tiempo y en señales con alto contenido de ruido. También se implementó en el desarrollo de interfaz gráfica utilizadas en sistemas de adquisición de datos con aplicación al control en motores de jaula ardilla y la cámara de sensores.

Para señales con muchas muestras adquiridas en períodos cortos de tiempo, el filtro que presenta el mejor resultado es el de orden 20, debido a que elimina los picos más significativos adquiridos en una señal.

Se desarrolló una interfaz que muestra la señal de entrada y la gráfica de manera que se ven las mejoras de la señal original implementada por la herramienta matemática utilizada.

Las medidas realizadas con la interfaz gráfica son pruebas de que el algoritmo desarrollado en Labview funciona adecuadamente para reducción de ruido, además la tarjeta NI6008 soporta estos tipos de comportamientos en la adquisición.

Por último, este algoritmo desarrollado en Labview sirve como método de eliminar el ruido que viene de fuentes de alimentación, cableado del sistema, la temperatura de los dispositivos electrónicos en la medida, etc.

REFERENCIAS

- [1]. W. Tomasi. *Introducción a las comunicaciones electrónicas*, 4^{ta} edición, Bogotá, 2003.
- [2]. Electrónica fácil, “Ruido, Definiciones y clasificación del ruido”, Documento publicado en Web, 2004.
- [3]. B. Kjaer. “Tipos de ruidos”, Sound & Vibration Measurement, Argetina, Santa Fe, 2000.
- [4]. B. Kjaer, “Ruidos”, Division of Spectris España, 1999.
- [5]. A. Hernández. “Relación señal ruido Efectos del ruido en las comunicaciones electrónicas”, 2001.
- [6]. B. Pascal. *Pensees*, Editions Garnier, Paris, 1957.
- [7]. B. Pascal. *Obras Matemáticas*. (Selección de textos), Edita Servicios Editoriales de la Facultad de Ciencias, UNAM, México, 1995.
- [8]. J. M. Drake M. *Instrumentación Electrónica de Comunicaciones: Ruidos e Interferencias: Técnicas de reducción*. Universidad de Cantabria, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicación, Dpto. de Electrónica y Computadores, Santander, 2005.