

Analisis para el Procesamiento y Control de un Ventilador Industrial

Margarita Selene Salazar Ávila, José Antonio Trejo Carrillo

Centro de Investigación para la Administración Educativa

Independencia 1100, Centro, 78000 San Luis, S.L.P.

Av. Cerro del Padre 907, Zacatecas, Zac.

Fabian Navarrete Rocha, Gustavo Espinoza García, Eduardo de Ávila Armenta, Viviana Chora López, Isaac Fabián Nava Vázquez, Lorena Espinoza Bermúdez, Javier Saldívar Pérez, Estefani Esquivel Cordero, Ana Luisa Hernández Gutiérrez, Ana Lourdes Borrego Elías, Nadia Garibay Rendón, Lorena Raquel Casanova Luna,

Centro de Investigación e Innovación Automotriz de México (CIAM)

Ramón López Velarde 801, Zacatecas Centro, 98000 Zacatecas, Zac.

Miguel Ángel Fraire Hernández, Luis Alberto Flores Chaires, Hugo Pineda Martínez, Abraham Najjar Enríquez

IGA, Instituto de Graduados en Administración

Avenida Universidad 137, Lomas del Patrocinio, 98060 Zacatecas, Zac.

Abubeker Gamboa Rosales

Universidad Tecnológica del Estado de Zacatecas (UTZAC)

Km 5, Carretera Zacatecas, 98601 Cuauhtémoc, Zac.

César Gamboa Rosales

Universidad Aeronáutica en Querétaro

Carr. Querétaro-Tequisquiapan, Coyote, Qro.



Resumen— En este trabajo se presenta el control de un Ventilador Industrial Utilizado para Prueba de Aerogeneradores, el cual es empleado como un dispositivo interno en la elaboración de un túnel de viento, para realizar pruebas de medición de viento. El proyecto consiste en regular la velocidad de un ventilador industrial utilizado en un túnel de viento, para realizar pruebas de sistemas de control en aerogeneradores, generándose señales de viento reguladas en valores constantes, ó que sigan un perfil definido por una base de datos de valores reales medidos con un anemómetro. Para implementar el sistema de control y la comunicación de los dispositivos, se empleó un Procesador Digital de Señales (PDS) de Texas Instrument EZDSP2407, que actúa como interfaz para transmitir los datos entre el entorno de programación VisSim Embedded Control Developer (ECD). Además se utiliza un variador de velocidad de 3HP de la marca SIEMENS modelo Micromaster 420.

Keywords— Control, Aerogeneradores, tunel de viento, control de velocidad.

I. INTRODUCCION

El Túnel de Viento es clave en el estudio de las acciones del aire ó el viento sobre un objeto, el mismo consta de una instalación en la que se obtiene un flujo de aire rectilíneo y uniforme a una velocidad determinada proporcionando una corriente con las características deseadas, con determinados niveles de calidad, de manera que en su cámara de ensayos pueden realizarse pruebas al hacer incidir esta corriente sobre objetos reales. De esta forma puede predecirse el efecto real que el viento ejerce sobre el objeto de estudio, pudiendo asimismo diseñarse y evaluarse para buscar soluciones, en caso necesario ó bien para reducir su efecto [1], [2], [3].

Cuando el objeto sometido a la corriente de aire en el túnel es un aerogenerador se puede evaluar el comportamiento del sistemas de control mediante la simulación de las condiciones reales del viento que estaría sometido el aerogenerador, tanto en su componente horizontal, que es la más importante (cientos y hasta miles de km) y la vertical (10 km o más) que siempre se compensa, con el ascenso o el descenso del aire, ya que a medida que asciende el viento, el cono giratorio se hace más ancho, por lo cual disminuye su velocidad de giro [4], [5], [6],[7].

II. MARCO TEÓRICO

Existen diversos sistemas comerciales para evaluar el sistema de control en aerogeneradores, por ejemplo: EOLICC 1.4, Lab volt 1.5, NV6008 1.6, Pacific300 1.7, Wind Túnel 1.8, US-Didactic 1.9, los cuales son antecedentes al sistema de control propuesto en el cual el Aerogenerador recupera una parte de la energía cinética de la masa de aire en movimiento, la transforma en energía mecánica por medio de palas acopladas a un rotor, después la transforma en energía eléctrica gracias a un generador [8], [9], [10].

Los Ventiladores Industriales son sistemas diseñados para generar viento de forma estable e inestable según sea requerido, ya sea con escalas transitorias desde una computadora o adaptados a un modelado de componentes que generen una descripción versátil del sistema. Además un ventilador industrial está definido como un sistema mecánico controlado por un motor de corriente alterna y con un modelo matemático que garantiza la velocidad angular de acuerdo al diseño de la posición de las aspas y dependiendo del número de las mismas. Se construyen para una cierta frecuencia, potencia y en función de los requerimientos específicos de cada ventilador. [11], [12]. En el siguiente artículo el proyecto y sistema desarrollado que se utilizó fue un ventilador industrial Ventilador AIR-MASTER.

El túnel de viento es una instalación experimental que sirve para estudiar cómo actúa el viento al incidirlo sobre objetos de distintas formas y naturaleza. Estos estudios

permiten predecir las fuerzas generadas cuando estos cuerpos se desplazan en el seno del aire (cohetes, aviones, automóviles, motocicletas) o por la acción del viento sobre cuerpos estacionarios (edificios, antenas). Un túnel de viento es una instalación que cuenta con un ventilador que genera un flujo variable de viento que se hace incidir sobre un rotor [13], [14].

En el presente trabajo se diseñó y construyó una instalación para un túnel de viento con el fin de estudiar la generación de energía eólica y valorar las distintas opciones de diseño de un aerogenerador, ya que en un aerogenerador, el viento incide sobre las aspas donde la energía cinética del aire se transforma en energía mecánica de rotación. El rotor de la turbina eólica está conectado a un generador eléctrico que produce la electricidad que se distribuye para su consumo. La eficacia de estos dispositivos depende sobre todo del viento y del diseño del aerogenerador. En cuanto al viento, hay que tener en cuenta su velocidad media y su densidad. El diseño del aerogenerador debe tener en cuenta aspectos como la altura del rotor y el diseño de las aspas. [15], [16], [17].

III. DESCRIPCION DEL SISTEMA

En el diseño de sistemas de control propuesto para pruebas de aerogeneradores mediante un túnel se generar condiciones ambientales similares a las que serán sometidos los aerogeneradores [18], [19]. En éste proyecto se diseñó y construyó un sistema de generación de viento conformado por un ventilador industrial, un variador de velocidad y un sistema de control en lazo cerrado con un anemómetro monitorizado por medio de computadora mediante un procesador digital de señales [20], [21], [22]. El cual permite reproducir señales de viento similares a las del medio ambiente en diferentes condiciones, desde baja velocidad, media y hasta fuertes ráfagas de viento.

Al prototipo construido se le realizaron diferentes mediciones bajo distintas condiciones ambientales [23], [24]; en diversos lugares y a varias alturas para recopilar información de distintos tipos de viento (velocidad) para usarlos como base de datos que se definen como consignas del sistema de control por medio de un procesador digital de señales PDS (EZDSP2407), dicha tarjeta se muestra en la Fig 1, la cual se programó por medio de bloques incrustados (embedded) en el software VisSim para llevar a cabo el control del sistema en lazo cerrado.

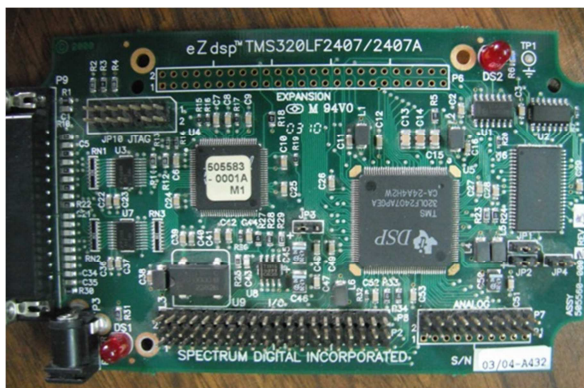


Fig. 1 PDS EZDSP2407

El procesador que actúa en conjunto con el sistema de control entrega señales de activación a través de los puertos digitales y analógicos, los cuales son monitoreados para energizar la tarjeta diseñada para distintas tareas de los circuitos que conforman las etapas de funcionamiento en el control, dicho procesador (tarjeta EZDSP2407) es la base de la conexión de la etapa virtual de voltajes a la etapa real de potencia y amplificación en conjunto con sus sistemas de tierras, [25].

La señal de control pasa a través del variador de velocidad (MICROMASTER 420), dicho convertidor envía las señales de voltaje al motor del ventilador industrial y además sirve para variar la velocidad del mismo, [26], [27].

El variador de velocidad se controla desde un panel de control, el cual posee dos modos de operación, manual y mediante programación y de esta manera se puede controlar el sistema desde una PC. El variador posee un selector para el modo manual o virtual, según se desee ó se adapte a las necesidades del usuario, también contiene un interruptor con la función de variador de frecuencia para modificar las velocidades del ventilador acorde a la necesidad requerida, por lo tanto el control del ventilador de forma manual a automática solo depende de cambiar la posición los interruptores.

IV. ACONDICIONAMIENTO DE SEÑALES

En la parte del acondicionamiento de señales fue necesario diseñar una tarjeta electrónica en la cual se describen varias etapas para acoplar las señales de voltaje que van a las distintas entradas del variador de frecuencia [28], [29].

La tarjeta PDS manda una señal de activación de 3.3v aproximadamente y el variador requiere 10v para entrar en conducción y ejecutar los parámetros de programación ingresados en un principio; por lo que se utilizó en el acondicionamiento de señal una ganancia de 1 a 3, lo que significa que de 3.3v se amplifica a 9.9v que son casi los 10v que se requieren para la activación del variador [30], [31],

[32]. Se implementó una etapa de potencia para garantizar los niveles de corriente apropiados con un TIP 41C.

Se diseñó la etapa de aislamiento, la cual es un punto clave para la interconexión de la tarjeta con la etapa de potencia, ya que nos ayuda a bloquear corrientes parásitas y para evitar que a través de los puertos de salida o de la misma tierra dañemos el PDS [33], [34], [35]. En esta etapa se utilizó un circuito 4n26 (fototransistor) el cual se encuentra constituido por un led que actúa a través de luz y conforma la frecuencia con la que se le transmita luz aumentando su señal de salida dependiendo donde se acople, en este caso es una señal de voltaje enviada desde un puerto PWM que es el asignado para el control [36], [37], [38]. Otro propósito de esta etapa es atenuar las señales de retroalimentación tanto en dirección como en velocidad del viento, dichos atenuadores tienen la función de disminuir la intensidad de corriente con la que llega la señal al procesador y eliminar las cargas estáticas que puedan afectar la tarjeta, el atenuador de velocidad se construyó con un circuito 4n26 y al igual que el aislador es un fototransistor solo que con diferente configuración para atenuar la señal [39], [40], [41].

El atenuador de dirección del viento está constituido por un circuito operacional lm324 el cual atenúa el voltaje y corriente para caso de ráfagas o vientos intensos ajenos a los del ventilador y así permite tener un rango de funcionamiento para retroalimentar lo más exacto posible el sistema de control [42], [43], [44].

Una de las etapas más significativas es la etapa de activación del sistema en forma electrónica, la cual suple los paneles de programación y manual y se encuentra a disposición del usuario cuando se requiere utilizar el monitoreo por computadora en esta etapa encontramos interruptores electrónicos (relevadores) y con ellos se forma un arreglo en conjunto con transistores 2N2222A y resistencias para recibir los pulsos de activación provenientes de las salidas de los puertos ubicados en la tarjeta PDS y distribuirlos a las líneas de voltaje necesarias para encender y apagar los relevadores [45], [46], [47].

Todas las etapas de proceso para activar el variador de frecuencia son activadas por el usuario desde un monitor que contiene un sistema de programación [48], [49], [50].

En el diseño del sistema se utilizó un aerogenerador (Air-Breeze) el cual es accionado en el túnel de viento. Para el diseño del control se realizaron una serie de mediciones (consignas) tomadas bajo distintas condiciones con un anemómetro.

Para retroalimentar el sistema de control se utilizó el anemómetro Davis el cual nos proporciona la información de la frecuencia que le llega al aerogenerador para comparada

con la enviada desde el variador al motor del ventilador industrial, Davis trabaja en conjunto con una veleta, la cual nos brinda información, [51], [52], [53], sobre la dirección del viento referenciada a una brújula, la cual nos indica donde se encuentra el norte y partir de ahí para sacar una relación de grados a los que gira la veleta, con la cual se retroalimenta del circuito a través de una entrada analógica [54], [55], [56].

V. FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA

El funcionamiento y programación fueron diseñados para un sistema de control en lazo cerrado, para que las señales obtenidas sigan al viento por medio de la introducción de las mediciones del viento ó sigan el comportamiento del sistema en condiciones reales de funcionamiento. El sistema construido se muestra en la Fig 2.

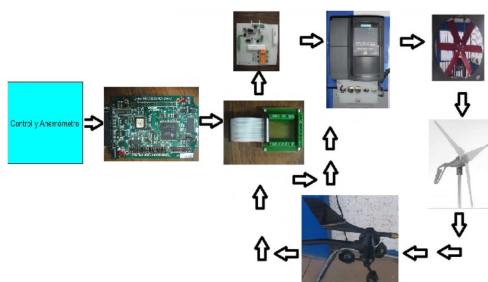


Fig. 2 Diagrama de bloques del sistema de control

El sistema consta de una PC desde la cual se controla el sistema diseñado, dicho control es el encargado de mandar señales que indican la forma y comportamiento de la velocidad del ventilador industrial, estas mismas señales pasan por un circuito que nos sirve para adaptar las señales a los niveles adecuados de voltajes de acuerdo a los requerimientos del sistema, las etapas de adaptación y activación se muestran en la Fig 3.

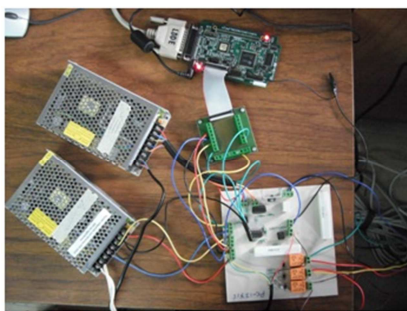


Fig. 3 Conexión del Sistema de Control

Se diseñó un programa en VisSim que permite realizar pruebas a un ventilador industrial mediante la interconexión de señales partiendo de una computadora, el programa desarrollado permite comparar datos que fueron almacenados y nombrados como consignas, los cuales se recopilaban en campo abierto con un anemómetro manual y se encuentran

registrados en una base de datos. El control se realiza desde una PC con el software (VisSim), asignando a dicho diseño un cierto número de rutinas que permiten el control del encendido, cambio de giro, la identificación de fallas y la variación de frecuencia en el variador. El sistema de control virtual se muestra en la Fig 4.



Fig. 4 Sistema de Control Virtual

VI. RESULTADOS DEL SISTEMA EN MODO MANUAL Y AUTOMATICO

Los resultados que se recopilaban del control manual son aquellos datos que el usuario modifica según la necesidad que se le presenta, ya sea realizando pruebas, demostraciones, ó simplemente en trabajo de campo. En el modo manual se realizaron diversas pruebas, en la Fig. 5 se muestra un ejemplo de las respuestas del sistema.

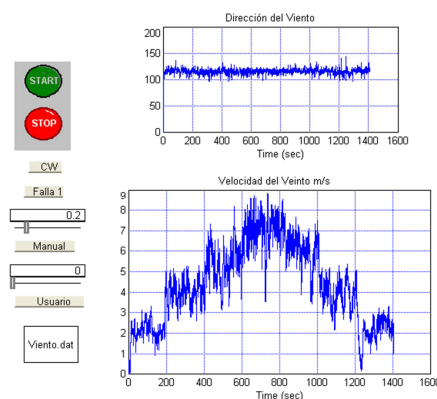


Fig. 5 Resultado del Sistema Manual

Al sistema de control desarrollado se le realizaron diversas pruebas a diferentes velocidades del ventilador industrial, se selección del valor de velocidad deseada se realiza por medio de un slider colocado en el programa virtual en un rango asignado de 1 a 10, equivalente a velocidades desde cero hasta velocidad nominal, de esta forma el sistema estabiliza al valor de velocidad deseada. Un ejemplo se muestra en la Fig 6.

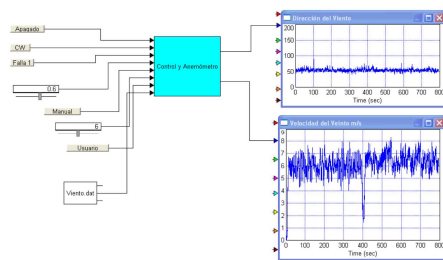


Fig. 6 Velocidad Constante

Los resultados del seguimiento de la señales del viento, su dirección entre otras, se capturaron con ayuda del VisSim. En ésta rutina se anexan las tablas de datos de viento real medido con el anemómetro digital en distintos lugares al aire libre las cuales se almacenaron en un documento .tex y son llamados por uno de los bloques del sistema, esto para indicar al control los valores que debe de seguir sin necesidad de que el usuario tenga que estar modificando los valores para que el control siga los valores reales del medio ambiente y lograr obtener una señal simulada del viento real y de cualquier tipo de clima siempre y cuando se adquieran los valores de medición y sean ingresados a la base de datos correctamente y llamarlos desde el control. En la Fig 7 se muestran los resultados obtenidos.

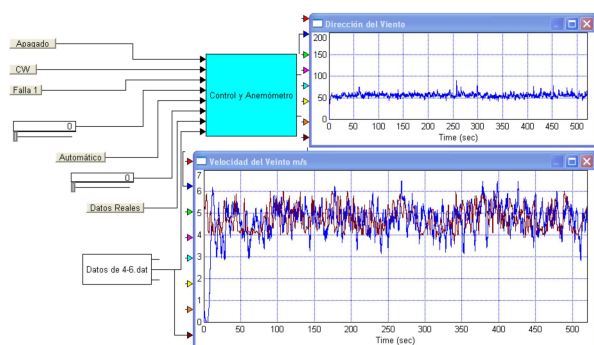


Fig. 7 Seguimiento de la Señal

VII. CONCLUSIONES

El sistema de control virtual desarrollado para el control del ventilador industrial se puede aplicar para mejorar tecnológicamente el manejo de ventiladores que son controlados manualmente, además con el control se pueden simular velocidades similares a las del viento real (medio ambiente) y no se dejan velocidades constantes a menos de que el usuario lo indique. Respecto al ventilador industrial se recomienda añadirle un pequeño filtro para enfocar el viento del ventilador en dirección al aerogenerador ya que el viento generado no es aprovechado al máximo, porque el sistema posee interferencias de aire exterior y el viento del ventilador es interrumpido, esto provoca que aun cuando el ventilador tiene una velocidad constante, el anemómetro de copas registra datos inestables.

Se propone modificar el diseño del control para que sea aprovechable no solo en un ventilador industrial sino en varios y de diferentes parámetros los cuales se puedan variar con el mismo, y de esta manera no solamente sirva para simular viento en aerogeneradores sino para utilizarlo en proyectos de fuentes alternas. Además de diseñar sistemas híbridos en los cuales se puedan controlar datos enviados y obtenidos en un sistema computarizado, para analizar el comportamiento de aerogeneradores y celdas que nos permitan utilizar el sol y el viento para crear nuestra propia energía eléctrica. Para finalizar se propone crear una barrera de aislamiento total del viento externo cerrando el túnel para impedir que interfiera el flujo del viento entregado por el ventilador para que el control pueda seguir de forma exacta la señal del viento bajo circunstancias reales.

REFERENCIAS

- [1] S. Heier, et all, Grid Integration of Wind Energy Conversion Systems, Wiley, Chichester, U.K., 1998.
- [2] Glenn T. Trewartha, the Earth Problem Climates, Madison, the University of Wisconsin Press, 1961.
- [3] The Milwaukee Sentinel (8-12-1926). 'Phantom auto' will tour city. Obtenido de Goo-gle News: <https://news.google.com/newspapers?nid=1368&dat=19261208&id=unBQAAAAIABJ&sjid=QQ8EAAAIAIBJ&pg=6190,3634062>
- [4] Wasynczuk, et all, Dynamic Behavior of a Class of Wind Turbine Generators during Random Wind Fluctuations, IEEE Paper 81WM173-4, presented at the PES Winter Meeting, Atlanta, Feb. 1-6 1981.
- [5] R. Spte and S. Bhowmik, et all, Wind turbines, Encyclopedia of Electrical Engineering, datos adjuntos de IEEE IAS Annual Cosn, John Wiley and Sons, in press, 1998.
- [6] Günter D. Roth, et all Formaciones nubosas y otros fenómenos meteorológicos., Barcelona, Ediciones Omega, 2003.
- [7] John McCarty (1968). Computer Controlled Cars. Obtenido de Universidad de Stan-ford: <http://www-formal.stanford.edu/jmc/progress/cars/cars.html>
- [8] G. V. Kuik, et all, Sustainable Energy Technologies, Amsterdam, the Netherlands, Springer-Verlag, 2007.
- [9] "User-Centered Design Basics | Usability.gov", Usability.gov, 2018. [Online]. Availa-ble: <https://www.usability.gov/what-and-why/user-centered-design.html>. [Accessed: 08- Jan- 2019]
- [10] Hiriart, D., et all Wind power spectrum, vol 37, pp. 213-220, 2011.

- [11] M. Predescu, et al, Impact of the design method of permanent magnets synchronous generators for small direct drive wind turbines for battery operation, ICREPQ, Sevilla, 2007.
- [12] Astriane, Manuales de operación de Sistema de simulación de la energía eólica, 2010.
- [13] Revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe, 2011. [Online]. Available: <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/sistem/articulo/download/5639/4888>. [Accessed: 10- Jan- 2019]
- [14] Farmingdale, www.labvolt.com, et al, Manuales de operación de Lab-Volt Sistemas Inc., NJ 07727, 2009.
- [15] Electronic Complex, www.nvistech.com, et al, Manuales de operación de Wind Energy Trainer, Indore - 452 010, 2008.
- [16] Beatriz Paredes, et al, Artículo Sobre Túnel de Viento, Tecnología Química, Ambiental y de los Materiales, Universidad Rey Juan Carlos, 2012.
- [17] Luis Francisco Arroyo Castro and Gerardo Guerrero Tinoco, et al, Tesis de Generación de Electricidad por medio de Energía Eólica, datos adjuntos de la UAZ, Energías Alternas, Universidad Autónoma de Zacatecas, Zacatecas, Zac., 20 Abril 2012.
- [18] Mónica Zapata Lluch. UOC. Métodos de evaluación sin usuarios. http://materials.cv.uoc.edu/daisy/Materials/PID_00176621/pdf/PID_00176613.pdf [Accessed: 10- Jan- 2019]
- [19] "J3016: Taxonomy and Definitions for Terms Related to On-Road Motor Vehicle Automated Driving Systems - SAE International", Sae.org, 2014. [Online]. Available: https://www.sae.org/standards/content/j3016_201401/. [Accessed: 06- Jan- 2019]
- [7] "Automated driving, self-driving cars, human machine interface at Continental", YouTube, 2017. [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=xBICfWQbXiE>. [Accessed: 13- Jan- 2019]
- [20] C. M. Vest, Holographic Interferometry, (John Wiley & Sons, New York, 1979).
- [21] R. Deans, The Radon transform and some of its applications, (John Wiley & Sons, New York, 1983).
- [22] E. De La Rosa, L. Berriel, E. Gonzalez, D. Alaniz, T. Saucedo, J. Villa, V. Torres, V. Castaño "An alternative approach to the tomographic reconstruction of smooth refractive index distributions", J. Europ. Opt. Soc. Rap. Public. 8, 13036 (2013).
- [23] Kreis Thomas, Handbook of Holographic Interferometry, (WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Bremen Germany, 2005).
- [24] F. Boudaoud and M. Lemerini, "Using a Mach-Zehnder interferometer to deduce nitrogen density mapping", Chin. Phys. B. 24, 075205 (2015).
- [25] E. de la Rosa Miranda, L. R. Berriel Valdós, E. González Ramírez, C. A. Olvera O., T. Saucedo Anaya, J. G. Arceo Olague, I. de la Rosa Vargas, "Fast flame temperature estimation using a point diffraction interferometer and non-negative least square method", OPTIMESS, Antwerp Belgium, 52 (2015).
- [26] E. de la Rosa, E. Gonzalez, J. G. Arceo, J. J. Villa, I. de la Rosa, T. Saucedo, L. R. Berriel, and N. Escalante, "Phase Unwrapping using Chebyshev Polynomials, Proc. of SPIE. 8785, 8785BA-1 (2013).
- [27] M. Takeda, H. Ina, S. Kobayashi, Fourier-transform method of fringe-pattern analysis for computer-base topography and interferometry. J. Opt. Soc. Am. A., 72, 156-159 (1982).
- [28] Morales-Mendoza, L., Vázquez-Bautista, R., Morales-Mendoza, E., Shmaliy, Y., & Gamboa-Rosales, H. A new recursive scheme of the unbiased FIR filter to image processing. Procedia Engineering, 35, 202-209 (2012).
- [29] Nandal, A., & Rosales, H. Enhanced image fusion using directional contrast rules in fuzzy transform domain. Springerplus, 5(1) (2016).
- [30] Morales-Mendoza, L., Gamboa-Rosales, H. and Shmaliy, Y. (2013). A new class of discrete orthogonal polynomials for blind fitting of finite data. Signal Processing, 93(7), pp.1785-1793.
- [31] Mohammad Ali Nematollahi, Chalee Vorakulpipat, Hamurabi Gamboa Rosales, "Image Watermarking". August 2016. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-10-2095-7_4
- [32] H. Rosales, I. Varga, R. Reyna Ros, O. Chavez, S. Delgado and R. Reyna, "Concatenation point optimization by principal component analysis", DIFU100ci@, no. 6, pp. 7-13, 2012.
- [33] Edgar Alvarado-Méndez, Miguel Torres-Cisneros, Oscar G. Ibarra-Manzano, José A. Andrade-Lucio, R. Rojas-Laguna, C. Crispin Garcia-Teran, JM Estudillo-Ayala, B. González-Rolon, JA Alvarez -Jaime, H. Gamboa-Rosales, H. Zavala-Fernández, Rubén Ramos-García, "Conmutación totalmente óptica por reflexión interna total en interfaz no lineal de (2 + 1) haces D en SBN61: Ce," Proc. SPIE 4833, Aplicaciones de la tecnología fotónica 5, (17 de febrero de 2003)

- [34] A. Nandal, H. Rosales and N. Marina, "Modified PCA Transformation with LWT for High-Resolution based Image Fusion", Springer, 2018.
- [35] Amita Nandal, Hamurabi Gamboa-Rosales, Arvind Dhaka, Jose M. Celaya-Padilla, Jorge Issac Galvan-Tejada, Carlos Eric Galvan-Tejada, Francisco Javier Martinez-Ruiz, Cesar Guzman-Valdivia. "Image Edge Detection Using Fractional Calculus with Feature and Contrast Enhancement". January 2018.
- [36] H. Rosales, O. Jokisch and R. Hoffmann, "Bayes Optimal Classification for Corpus-Based Unit Selection i TTS Synthesis", Proc. V Jornadas en Tecnología del Habla (VJTH), no. 1, pp. 141-144, 2008.
- [37] Rosales, H., -Mendoza, L. and Shmaliy, Y. (2013). Unbiased impulse responses-A class of discrete orthogonal polynomials. ICIC Express Letters, [online] (Vol. 7), pp.2005-2010.
- [38] Nandal, A., Dhaka, A., Rosales, H. G., Marina, N., Tejada, J. I. G., Tejada, C. E. G., Baez, A. M., Padilla, J. M. C. Y Garcia, H. L., "Sensitivity and Variability Analysis for Image Denoising Using Maximum Likelihood Estimation of Exponential Distribution", Springer US, 2018.
- [39] S Ibarra Delgado, J Flores Troncoco, H Gamboa Rosales, R Soule de Castro. "Algoritmo para la deteccion de zonas poco texturizadas en imagenes reales, para su uso en sistemas de visi on estereosc opica". 2013.
- [40] Galván-Tejada, J. I., Arceo-Olague, J. G., Luna-García, H., Gamboa-Rosales, H., Celaya-Padilla, J. M., Zanella-Calzada, L. A., Magallanes-Quintanar, R., & Galván-Tejada, C. E. General Linear Models for Pain Prediction in Knee Osteoarthritis: Data from the Osteoarthritis Initiative. Revista mexicana de ingeniería biomédica, 39(1), 29-40 (2018).
- [41] Padilla, J., Tejada, C., Monteagudo, F., González, O., Báez, A., Torteya, A., Tejada, J., Olague, J., García, H. and Rosales, H. (2018). [PDF] de mdpi.com Speed bump detection using accelerometric features: a genetic algorithm approach. Sensors, [online] (Vol. 18), p.443.
- [42] Tejada, C., Calzada, L., Tejada, J., Padilla, J., Rosales, H., Veloz, I. and Fierro, M. (2017). Multivariate Feature Selection of Image Descriptors Data for Breast Cancer with Computer-Assisted Diagnosis. Diagnostics, [online] (Vol. 7), p.9.
- [43] Nematollahi, M., Vorakulpipat, C., & Gamboa Rosales, H. Digital watermarking. Singapore: Springer Science+Business Media. (2017).
- [44] Olivera, R., Olivera, R., Vite, O., Gamboa, H., Navarrete, M., & Rivera, C. (2016). Application of the Three State Kalman Filtering for Moving Vehicle Tracking. IEEE Latin America Transactions, 14(5), 2072-2076. doi: 10.1109/tla.2016.7530397
- [45] Galván-Tejada C, López-Monteagudo F, Alonso-González O, Galván-Tejada J, Celaya-Padilla J, Gamboa-Rosales H, Magallanes-Quintanar R, Zanella-Calzada L (2018) A Generalized Model for Indoor Location Estimation Using Environmental Sound from Human Activity Recognition. ISPRS International Journal of Geo-Information 7(3), 81. doi:10.3390/ijgi7030081.
- [46] LJ Morales-Mendoza, Y Shmaliy, M González-Lee, E Morales-Mendoza, R Varguez-Fernández. "Toward to recurrent form of the impulse response of UFIR filters". Procedia Technology, p.p 111-117 2013/1/1.
- [47] Luna-García, H., Mendoza-González, R., Gamboa-Rosales, H., Celaya-Padilla, J., Galván-Tejada, C., López-Monteagudo, F., Collazos-, C., Mendoza-González, A..(2018). MENTAL MODELS ASSOCIATED TO VOICE USER INTERFACES FOR INFOTAINMENT SYSTEMS. DYNA, 93(3). 245. DOI: <http://dx.doi.org/10.6036/8766>
- [48] Mohammad Ali Nematollahi, ChaleeVorakulpipat, and Hamurabi Gamboa Rosales, "Optimization of a Blind Speech Watermarking Technique against Amplitude Scaling," Security and Communication Networks, vol. 2017, Article ID 5454768, 13 pages, 2017.
<https://doi.org/10.1155/2017/5454768>.
- [49] Mohammad Ali Nematollahi, ChaleeVorakulpipat, and Hamurabi Gamboa Rosales, "Semifragile Speech Watermarking Based on Least Significant Bit Replacement of Line Spectral Frequencies," Mathematical Problems in Engineering, vol. 2017, Article ID 3597695, 9 pages, 2017. <https://doi.org/10.1155/2017/3597695>.
- [50] Carlos E. Galván-Tejada, Jorge I. Galván-Tejada, José M. Celaya-Padilla, et al., "An Analysis of Audio Features to Develop a Human Activity Recognition Model Using Genetic Algorithms, Random Forests, and Neural Networks," Mobile Information Systems, vol. 2016, Article ID 1784101, 10 pages, 2016. <https://doi.org/10.1155/2016/1784101>.
- [51] Nematollahi, M., Akhaee, M., Al-Haddad, S. and Rosales, H. (2015). emi-fragile digital speech watermarking for online speaker recognition. Springer. [online] Available at: <https://link.springer.com/article/10.1186/s13636-015-0074-5> [Accessed 2 Feb. 2019].
- [52] Salinas, J., Sanchez, L., Miranda, R., Rodriguez, J., & Rosales, H. (2019). Algoritmo de procesamiento digital de imágenes para la detección y evaluación de heridas de pie diabético. Retrieved from <http://editorial-uaie.uaz.edu.mx/index.php/difu100cia/article/view/6>.

- [53] Olivera, R., Olivera, R., Vite, O., Gamboa, H., Navarrete, M., & Rivera, C. (2015). Optimal States Estimation of an LTI System using the Unbiased FIR Filter. *IEEE Latin America Transactions*, 13(3), 609-612. doi: 10.1109/tla.2015.7069081
- [54] Rosales, H., Jokisch, O. and Hoffmann, R. (2006). Spectral distance costs for multilingual unit selection in speech synthesis. *Proc. of 11-th International Conference "Speech and Compute" SPECOM2006*, St. Petersburg, Russia, pp.270-273.
- [55] Hamurabi G. Rosales, Hochschule für Telekommunikation Leipzig "Performanzuntersuchungen zur Stimmkonvertierung" 9 pages, September 2011.
- [56] Hamurabi G. Rosales, "Optimale Bausteinauswahl in der korpusbasierten Sprachsynthese" 143 pages, July 2010.
- [57] Gómez, M. A. H., Reyna, R. O., Reyna, R. O., Chávez, O. V., Rosales, H. G., Romero, C. A. R., Sánchez, M. A. N. Y Sáncchz, E. G. "Development of Applications for Laboratory of Digital Signal Processing based on the TMS320C6713 DSK of Texas Instruments", *INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED ELECTRONICS*, pp. 98-103, 2015.