

Medición del Tremor Parkinsoniano mediante un Instrumento Virtual Analizado y Diseñado con SysML

Juan Fernando García Mejía , Flor del Rio Gonzalez Romero¹, Arturo Garduño Aparicio¹

¹ Departamento de instrumentación Virtual Centro Universitario UAEMEX Atlacomulco
Carretera Toluca Atlacomulco Km 60 Atlacomulco Estado de México
kyrill_lakota@hotmail.com

Resumen. En este artículo, se presenta el análisis y diseño mediante el Lenguaje de Modelado de Sistemas de un instrumento virtual de medición no invasivo de una señal eléctrica representativa del tremor parkinsoniano, el cual es un signo de una enfermedad de carácter neurológico-degenerativo conocida como Mal del Parkinson. El sistema propuesto está constituido en su etapa física por una tarjeta de adquisición de datos, un circuito de medición compuesto por amplificadores operaciones y foto resistencias como elemento sensor, la parte lógica se compone de módulos de adquisición, medición de frecuencia y visualización los cuales son codificados en LabView.

Palabras clave: Tremor parkinsoniano, Lenguaje de Modelado de Sistemas.

1 Introducción

El Mal de Parkinson es un trastorno degenerativo asociado con el daño a la sección del cerebro encargada de la movilidad, el cual fue descrito por James Parkinson en Inglaterra, en el año 1817 y se presenta tanto en hombres como en mujeres. En los próximos 25 años se estima un incremento del 100% en el número de casos reportados. Con esto en mente, se construyó un instrumento virtual de medición del tremor parkinsoniano de carácter no invasivo, el cual fue analizado y diseñado mediante el Lenguaje de Modelado de Sistemas.

Cabe destacar que los instrumentos virtuales presentan un problema teórico el cual es la falta de técnicas que permitan realizar el análisis y diseño holístico de las etapas físicas y lógicas que los componen, esta problemática se observa en los desarrollos mostrados en [1], [2], [3], [4], [5], [6], [7], donde se emplea los diagramas de flujo, esquemáticos o de bloques para representar la funcionalidad de manera general y expresiones matemáticas si se utilizan técnicas de procesamiento digital, tratamiento de los datos medidos ó aspectos de la circuitería electrónica; esto queda desarticulado del desarrollo de los componentes lógicos que componen a estos instrumentos. Esta tendencia de continuar así puede a futuro provocar retrasos en entrega y aumento de costos de implementación y mantenimiento, al igual que los que se presentan en la industria del software.

Una solución al problema anteriormente mencionado se muestra en [8] donde se propone el análisis y diseño de forma holística de instrumentos virtuales mediante los Diagramas de Flujo de Datos (DFD). Otra forma de solucionarlo es mediante el uso del Lenguaje de Modelado de Sistemas, la cual a diferencia de la solución propuesta en [8] se ha convertido en un estándar aprobado.

1.1 Tremor Parkinsoniano

El Mal del Parkinson es un trastorno degenerativo asociado con el daño a la sección del cerebro encargada de la movilidad, el cual fue descrito por James Parkinson en Inglaterra, en el año 1817 y se presenta tanto en hombres como en mujeres. En los próximos 25 años se estima un incremento del 100% en el número de casos reportados.

Los signos representativos de esta enfermedad, son la rigidez y bradicinesia (pérdida de sensibilidad en músculos faciales), la acinesia (pérdida o falta de movimiento), la inestabilidad postural y el tremor parkinsoniano, el cual se define como un movimiento involuntario, rítmico y oscilatorio que se produce por la contracción alternante de músculos inervados recíprocamente (Agonistas-Antagonistas) y se presenta en estado de reposo. Cabe destacar que este signo se presenta en el 70% de los casos de esta enfermedad. Una de las formas de realizar el seguimiento a la enfermedad del Parkinson es mediante la medición del tremor, la cual se lleva a cabo mediante las técnicas mostradas en la tabla 1.

Tabla 1. Diversos principios de medición del tremor parkinsoniano y sus desventajas.

Técnica	Desventaja
Acelerómetros [9].	Tienen como desventaja su carácter “invasivo” es decir se requiere la colocación de los dispositivos en el paciente
Medición de señales mioeléctricas mediante equipo de Electromiografiografía [10].	Al igual que los acelerómetros son de carácter invasivo, además del costo de los instrumentos de medición de EMG
Grabación en video del movimiento para su posterior análisis [11].	Tiene como ventaja el no ser invasiva pero tiene como desventaja su costo elevado dado las características de grabación y reproducción del equipo empleado

1.2 Lenguaje de Modelado de Sistemas

El lenguaje de Modelado de Sistemas (SysML) es un lenguaje de modelado de propósito general para aplicaciones de ingeniería de sistemas, soporta la especificación, análisis diseño, verificación y validación de un amplio rango de sistemas complejos. Estos sistemas incluyen hardware, software, información procesos y personal [12].

En el 2001 el Consejo Internacional de Ingeniería de Sistemas (INCOSE, por sus siglas en inglés) decide hacer al Lenguaje de Modelado Unificado (UML) un lenguaje estándar para la ingeniería de sistemas. UML puede adaptarse a necesidades específicas y a un gran número de herramientas de modelado. Debido a los mecanismos de extensión (denominados estereotipos) se puede definir nuevos vocabularios de modelado, esto permite que UML pueda adaptarse a dominios específicos y disciplinas. La adaptación de UML para sistemas de ingeniería recibe el nombre de OMG Systems Modeling Language (OMG SysML™) cuya primera versión 1.0 está basada en UML 2.1.1 [13].

Una forma de describir la relación existente entre los lenguajes UML y SysML es considerando un diagrama de Venn que se muestra en Fig 1, donde se muestran los conjuntos que agrupan a los lenguajes en cuestión, la intersección entra ambos indica los elementos de UML re-usados por SysML, La región marcada por la etiqueta “SysML extensions to UML” indica los nuevos elementos que no tienen contraparte o son reemplazados de UML.

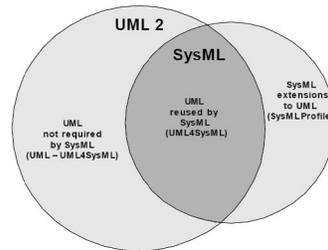


Fig. 1. Un diagrama de Venn donde se muestran los componentes del estándar SysML, el cual esta formado por diagramas re-usados de UML y extensiones del mismo.

En Fig 2 se muestra los diagramas que componen el estándar SysML mostrando 3 tipos de diagramas: El de Requerimientos, los de Comportamiento y los de Estructura.

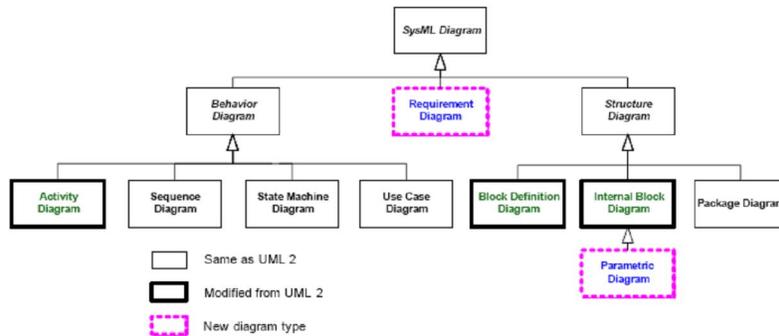


Fig. 2. Tipos de diagramas que forman el estándar SysML, donde se muestran los que fueron modificados de UML, los que son ocupados sin ninguna modificación y los que son originales exclusivos de este.

2 Análisis y Diseño

En Fig 3 se muestra el diagrama de contexto del instrumento propuesto este es el diagrama donde se observan los actores que intervienen en el instrumento.

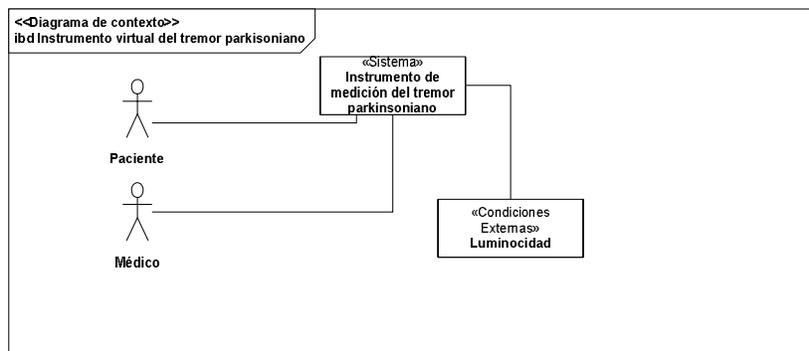


Fig. 3. Diagrama de contexto implementado con un diagrama de bloques interno, para mostrar parte del entorno de instrumento.

En la figura 4 se muestran los casos de uso del sistema propuesto, donde se muestran los usuarios que participan en el instrumento y sus funciones.

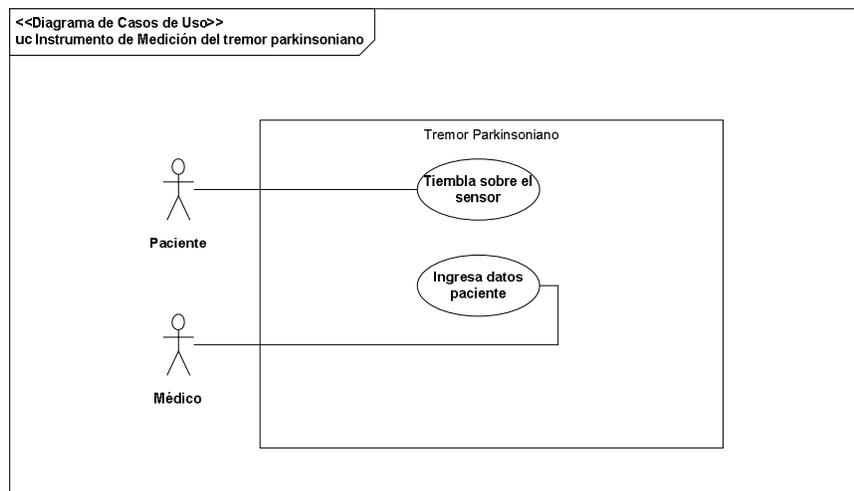


Fig. 4. Diagrama de Casos de uso del sistema propuesto, en el se observan dos actores en este caso el médico y su paciente.

En las figuras 5, 6, 7 se muestran los diagramas de actividad, requerimientos y paquetes, respectivamente en estos se muestran los pasos que se llevan a cabo para

realizar una medición del tremor parkinsoniano, se muestra también que requisitos debe de cubrir el desarrollo como la portabilidad y la economía y por último el de paquetes muestra los componentes de un instrumento virtual, los cuales son lógicos y físicos a su vez se muestran los elementos que integran estas etapas

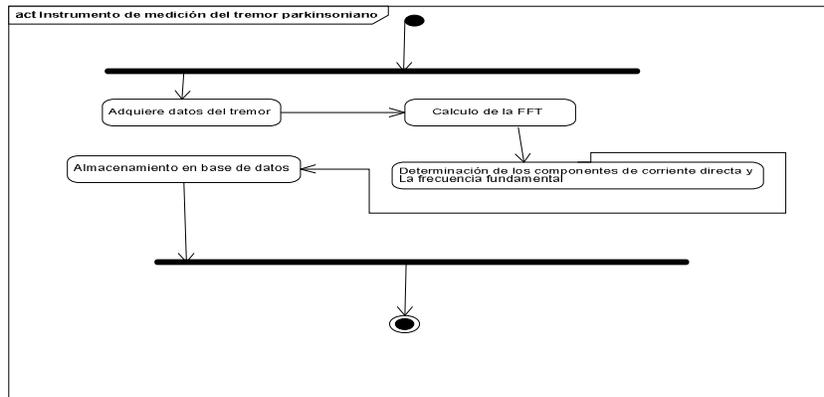


Fig. 5. Diagrama de Actividad del sistema propuesto, en el se observan las actividades llevadas a cabo por el instrumento propuesto.

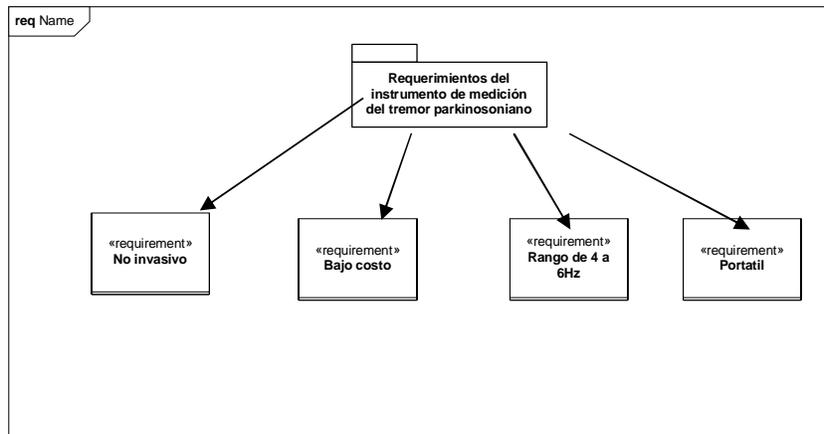


Fig. 6. Diagrama de requerimientos del sistema propuesto, en el se realiza un análisis de los atributos que se desean en el instrumento a desarrollar.

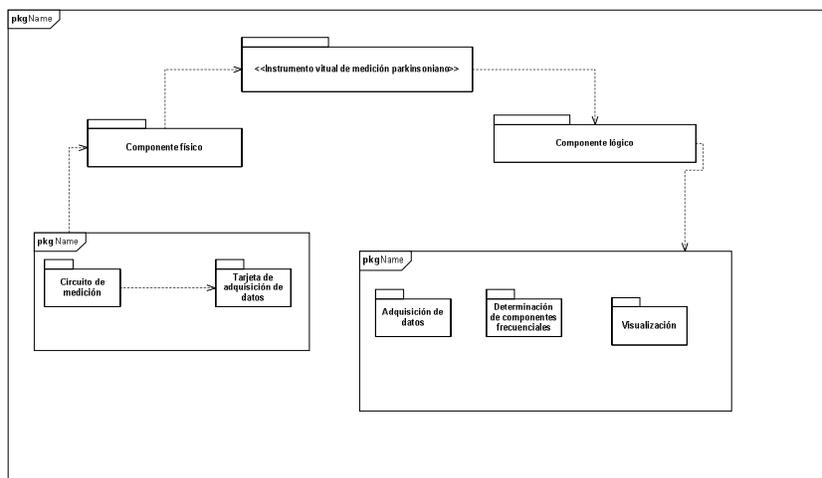


Fig. 7. Diagrama de paquete del sistema propuesto, en este se muestran los componentes del instrumento propuesto.

3 Desarrollo

En Fig 8 se muestra el circuito de acondicionamiento de señal el cual permite convertir las variaciones de resistencia del elemento sensor (R2) en una diferencia de potencial mediante el amplificador operacional numero 1, el componente (R3) en su lazo de retroalimentación permite controlar las variaciones luminosas que se presentan en diversos escenarios de medición.

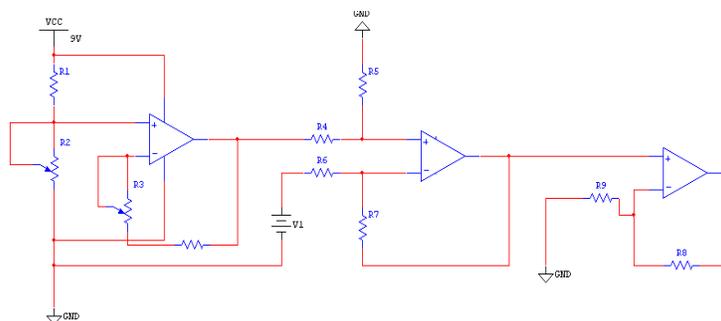


Fig. 8. Diagrama eléctrico del circuito de medición del temblor parkinsoniano, compensado para variaciones de luz.

El amplificador operacional 2 tiene como finalidad reducir el voltaje offset mediante un circuito restador, el número 3 amplifica el voltaje para que este pueda ser adquirido por una computadora personal.

Uno de los elementos de un sistema de instrumentación virtual es la tarjeta de adquisición de datos, por lo que en este artículo se propone el uso de la tarjeta NI USB-6008 de National Instruments, la cual presenta las siguientes características:

- 8 entradas analógicas de 12 o 14 bits.
- 2 salidas analógicas de 12 bits.
- 12 TTL/CMOS digitales.
- 12 líneas I/O.
- 32-bit, 5Mhz Counter.
- Digital triggering.
- Bus-powered.

El desarrollo lógico propuesto en este artículo, está basado en la obtención e interpretación de datos mediante componentes y herramientas de adquisición de datos y visualización que proporciona LabView.

En la figura 9 se muestran las rutinas necesarias para adquirir en la computadora los valores de voltaje obtenidos del sensor antes descrito.

La adquisición de datos se basa en las siguientes actividades:

- 1) Creación de tarea: Se le informa al sistema que ha sido asignada una nueva tarea de adquisición de datos.
- 2) Definición de canal analógico: Se indica el dispositivo y la entrada analógica por la cual los datos van a ser obtenidos.
- 3) Tiempo de muestreo: Se define el número de muestras por segundo, así como la correspondiente frecuencia de muestreo.
- 4) Iniciar tarea: Este elemento prepara al dispositivo y canal analógico.
- 5) Lectura: En esta fase el instrumento virtual adquiere datos del exterior mediante una tarjeta de adquisición.
- 6) Interpretación de datos analógicos: En esta etapa se propone la integración de un elemento gráfico para visualizar los datos representativos a las variaciones de voltaje.
- 7) Terminar y limpiar: Esta fase le indica al sistema que el usuario ha decidido terminar con la tarea de adquirir datos.

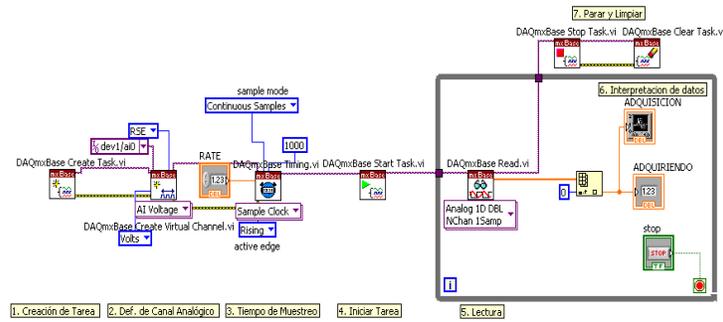


Fig. 9. Código de LabView para la adquisición de datos de la etapa física del instrumento virtual propuesto.

Las rutinas correspondientes a la visualización y el análisis del espectro de Fourier se muestran en la figura 10 siguiendo las siguientes actividades:

- 1) Inverso de la frecuencia de muestreo (dt): Esto se realiza con el fin de obtener el coeficiente correspondiente a la derivada del tiempo.
- 2) Obtención del la frecuencia diferencial (df): Mediante el instrumento virtual FFT Spectrum (Mag-Phase) proporcionado por LabView, se obtiene el dato correspondiente a la frecuencia diferencial.
- 3) Eliminación del coeficiente 0: Esta operación es necesaria para descartar el componente de CD arrojado por el acondicionamiento de la señal, de tal manera, que la cresta más alta del espectro multiplica al coeficiente df , todo esto con el fin de obtener la magnitud correspondiente a la frecuencia adquirida.
- 4) Visualización del espectro: Se propone la integración de un elemento gráfico para visualizar el espectro de Fourier.
- 5) Obtención de la frecuencia: En esta fase se indica la frecuencia generada por la señal eléctrica del sensor propuesto.

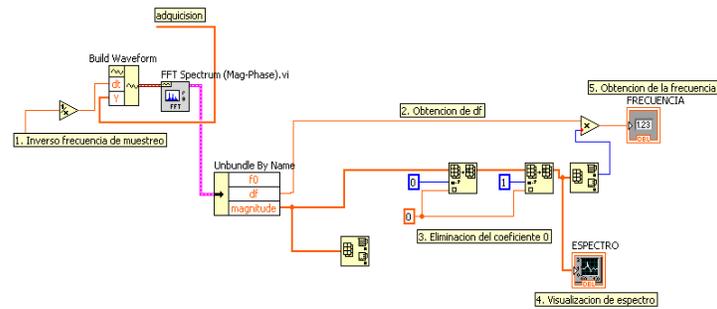


Fig. 10. Código de LabView para la medición del tremor parkinsoniano basado en la transformada rápida de Fourier

4 Resultados

Una vez que se implementó el módulo de adquisición de datos se procedió a realizar una prueba del tremor parkinsoniano en un paciente sin medicar con levodopa en las instalaciones de asociación de enfermos de Mal de Parkinson ubicada en Atlacomulco Estado de México.

Al paciente en cuestión se le citó una hora antes de la ingesta de una dosis de levodopa, lo cual hace que se presente el tremor parkinsoniano, el cual en este caso específico a aumentado conforme transcurre el tiempo

La figura 11 muestra una señal eléctrica oscilatoria de frecuencia constante – que se obtiene del circuito mostrado en la figura 8 – que es representativa del tremor parkinsoniano el cual se caracteriza como un movimiento involuntario, rítmico y oscilatorio tal como se muestra en la sección 1.1.

Del mismo modo, el módulo de adquisición de datos en combinación con el módulo de análisis y visualización del espectro, da como resultado la figura 12 en la que se puede observar que el elemento 28 correspondiente al eje del tiempo responde a la magnitud espectral.

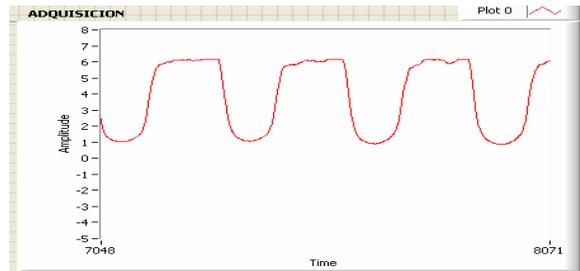


Fig. 11. Señal eléctrica representativa del tremor parkinsoniano de un paciente sin ingesta de Levodopa, Cabe destacar que la frecuencia de este signo del Mal de Parkinson se incrementa con forme avanza la enfermedad, esto debido a su carácter crónico degenerativo.

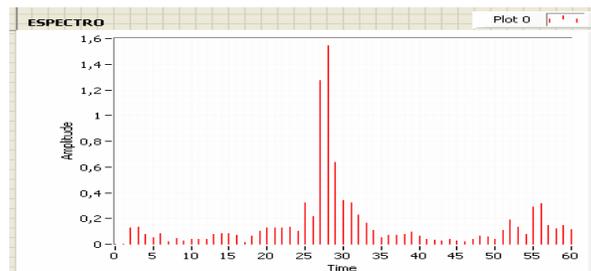


Fig. 12. Espectro de Fourier de la señal eléctrica representativa de un tremor parkinsoniano, mostrado en la figura 11. Este permite determinar la frecuencia a partir de la magnitud frecuencial.

5 Conclusiones

El uso de una foto resistencia como elemento sensor, así como el del circuito propuesto permite medir el tremor parkinsoniano de forma no invasiva y a un costo bajo en cuanto al sensor y manejo de señales, el uso de los diagramas SysML permite sistematizar las actividades de análisis y diseño del instrumento virtual propuesto de tal forma que se puede garantizar cierta calidad al producto obtenido, es interesante como trabajo a futuro utilizar alguna metodología ágil de desarrollo de software para la parte lógica.

A partir de los datos proporcionados por este instrumento es posible como trabajo a futuro realizar una caracterización matemática del tremor parkinsoniano, ya que esta no se ha realizado aun, según lo referido en la literatura consultada.

Una segunda fase de este desarrollo se encuentra en realizar un estudio de Repetibilidad, Linealidad e Histéresis que garantizara la confiabilidad del instrumento.

Agradecimientos. Los autores agradecen a la Universidad Autónoma del Estado de México su apoyo al presente proyecto mediante la Secretaria de Investigación y Estudios Avanzados y al C.P Salvador Escamilla, Presidente de la asociación de enfermos de Parkinson del Norte del Estado de México su colaboración con las pruebas de este desarrollo.

6. Referencias

1. De la Rosa Vazquez, Sistema para detección de cáncer cervicouterino empleando espectroscopia óptica En Congreso de Instrumentación Somi XX en León Guanajuato Octubre 2005.
2. Carranza Castillo Sistema de digitalización de 10 canales para ser procesados a través del puerto paralelo En Congreso de Instrumentación Somi XX en León Guanajuato Octubre 2005.
3. Rangel D Sistema portátil para caracterizar lámparas uv-vis En Congreso de Instrumentación Somi XX en León Guanajuato Octubre 2005.
4. Arroyo S Plataforma de cuatro canales para adquisición y procesamiento de señal mioeléctrica En Congreso de Instrumentación Somi XXIII en Merida Yucata Octubre 2008
5. Cruz I monitoreo de señales electrofisiológicas como apoyo médico en el tratamiento de pacientes con lesiones musculares En Congreso de Instrumentación Somi XXIII en Merida Yucata Octubre 2008.
6. Quintana S Fotopletimógrafo de bajo consumo en corriente alimentado por puerto usb de una computadora En Congreso de Instrumentación Somi XXIII en Merida Yucata Octubre 2008.
7. Guzman R Medición a distancia de variables eléctricas a través de los puertos gpib y Ethernet En Electro 2006 en Creel Chihuahua Octubre 2006.
8. García M. Un Espirómetro Virtual: Diseño e Implementación Basados en Análisis Estructurado, Transformada Wavelet Discreta y Matlab En 6to Congreso de Cómputo CICOS Cuernavaca Morelos Junio 2008.

9. Saavedra, J. *Efecto del tens en el efecto de la enfermedad del Parkinson*” Arch Neurocién (Mex). Vol. 10(3). pp. 133-139. Octubre 2005.
- 10 Pérez M, Demodulador Digital para Acelerometría Dinámica Memorias del 1er taller de compute reconfigurable 2003 Coordinación de sistemas computacionales Instituto Nacional de Astrofísica, “Óptica y electrónica”. Apixaco Tlaxcala.
- 11 Brunetti;F Un conjunto de herramientas portátiles para la valoración y el estudio de desórdenes neuromotores XXVI “Jornadas de automática”, Septiembre del 2005. Universidad de Alicante.
12. OMG “Systems Modeling Language (OMG SysML™), V1.0 OMG 2008pp 27-31 2008”
13. Weilkens T Systems Engineering with SysML/UML Modeling, Analysis, Design Morgan Kaufmann Publishers is an imprint of Elsevier. 2007 pp 22-44.