



### Formato para la elaboración del informe de avance de investigación

Con el fin de conocer el proceso de desarrollo de los proyectos aprobados en la Décimo Primera Convocatoria Interna –FODEIN 2017 y atendiendo a los compromisos adquiridos con la firma del acta de inicio, se presentan a continuación, los siguientes elementos a consignar en el informe de avance correspondiente:

1. Informe de avance del proceso investigativo.
2. Informe administrativo

**Nota:** El Informe de avance en formato debe presentarse de acuerdo a las normas de publicación **APA** en formato **Word y PDF**, debe radicarse en medio magnético en la Unidad de Investigación en las fechas establecidas, junto con una carta de visto bueno firmada por los *supervisores de los respectivos proyectos*.

#### **Contenido del informe de avance del proceso investigativo**

##### *Información general de proyecto*

Código Interno	17545030	Supervisor	Ing. Carlos Montenegro
Título del proyecto de investigación	Plataforma Informática para el Análisis de la Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca Orientado a la Presentación de Servicios de Análisis y Cálculo de Descriptores. Fase III.	Fecha de presentación del informe de avance.	Julio 28 de 2017
Nombre del Investigador principal	Javier Enrique González Barajas	Centro de costos asignado	17100548
Nombre de los co-investigadores	Ing. Eduard Galvis Ing. Marco Vega	Unidad académica	Facultad de Ingeniería Electrónica
Nombre de los auxiliares –asistentes de investigación /estudiantes de semillero vinculados		Porcentaje estimado de avance	30%
Grupo de Investigación/Semillero	MEM	Línea activa de investigación	Automatización



✓ **Título.**

Plataforma Informática para el Análisis de la Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca Orientado a la Presentación de Servicios de Análisis y Cálculo de Descriptores. Fase III: Integración don Redes de Transmisión de datos.

✓ **Resumen.**

La variabilidad de la frecuencia cardíaca es un conjunto de parámetros calculados a partir de los valores de frecuencia instantánea del electrocardiograma. En la primera fase de este proyecto se proporcionó una metodología para el diseño e implementación de estrategias para el cálculo de descriptores, con el fin de poder automatizar el proceso de análisis de la señal electrocardiográfica. En la fase II, fueron integrados el tratamiento digital de señales y la lógica digital para generar un conjunto de estrategias para calcular los parámetros de la variabilidad de la frecuencia cardíaca a través de sistemas embebidos. El resultado ofrecido en la etapa III consiste en el diseño de una metodología para integrar los desarrollos implementados en sistemas embebidos con las redes de transmisión de datos.

✓ **Palabras clave.**

Electrocardiografía, Frecuencia, Variabilidad, dispositivos digitales, Redes de Datos.

✓ **Problema de investigación con ajustes pertinentes.**

El análisis de la variabilidad de la frecuencia cardíaca exige el uso de estrategias que combinen el uso de herramientas matemáticas y computacionales. Esto es con la finalidad de poder obtener en el menor tiempo posible la información necesaria a partir de la señal electrocardiográfica adquirida.

Además de contar con herramientas matemáticas para el cálculo de descriptores implementadas en sistemas embebidos, es necesario garantizar la conectividad a través de las redes de transmisión de datos. La automática, a través de las comunicaciones industriales, puede colaborar con la mejora de la transmisión de información de los parámetros calculados de la señal electrocardiográfica, a través del diseño de estrategias para integrar los sistemas embebidos a las redes de datos.

✓ **Objetivos de investigación con ajustes pertinentes.**

Diseñar una metodología para la integración a las redes de datos, de sistemas embebidos orientados al análisis de la variabilidad de la frecuencia cardíaca.



✓ **Marco teórico y ajustes pertinentes (teorías y conceptos abordados).**

El electrocardiograma es una señal eléctrica que representa el comportamiento físico del corazón humano. Esta señal está compuesta por la suma de diferentes ondas, siendo la de mayor amplitud la onda R (Koeppen, 2009). La detección de la onda R es el principal proceso para la cuantificación de la frecuencia cardiaca y permite calcular el tiempo entre latido y latido, denominado: Frecuencia Cardiaca Instantánea (González, J., 2014). Con la finalidad de poder detectar correctamente la onda R, es necesario tener en cuenta que la señal electrocardiográfica puede estar contaminada con ruido de la línea de potencia eléctrica y por perturbaciones que causan desplazamiento de la línea de base (Montenegro, 2014).

El análisis de la variabilidad de la frecuencia cardiaca está basada en el estudio de la señal de ritmo cardiaco, que está compuesta por los diferentes tiempos medidos entre cada onda R de una señal electrocardiográfica adquirida (Forero, 2014). La detección de la onda R y la generación de la señal de ritmo cardiaco pueden ser ejecutadas a través del uso de dispositivos digitales denominados micro controladores (González, 2015). Gracias a los nuevos sistemas de acondicionamiento de señales de costo moderado y bajo consumo de energía, es posible obtener un sistema integrado de adquisición de electrocardiogramas y con conexión directa al conversor análogo digital del micro controlador (Montenegro, 2015). Esta integración ha permitido el desarrollo de sistemas portátiles para la detección de la onda R y la cuantificación de la frecuencia cardiaca (González, 2015).

La recolección y análisis de los datos obtenidos de la señal ECG pueden ser ejecutados a través de un conjunto de dispositivos conectados a las redes de datos (Kan, 2015). Esta estrategia es conocida en la actualidad como computación en la nube (Mohammed, 2014).

Para poder conectar los dispositivos electrónicos a las redes de datos, es necesario contar con los nuevos accesorios que permiten este intercambio de información. Este conjunto de accesorios son denominados: Internet de las cosas (IOT) (Liu, 2014).

✓ **Metodología (instrumentos diseñados o empleados, población o muestra).**

- Enfoque metodológico: Esta propuesta se orienta a un enfoque cuantitativo. Debido al cumplimiento de los objetivos propuestos que están basados en la adquisición de datos y el tratamiento de la información a través de sistemas digitales.

- Población o muestra seleccionada: este proyecto no utilizará sujetos humanos o animales para llevar a cabo el logro de objetivos. Las señales de electrocardiografía serán tomadas de la base de datos de señales fisiológicas



# UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

## PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

### UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

Physionet ([www.Physionet.org](http://www.Physionet.org)) y CAPNOBASE (<http://www.capnibase.org/>). También es usado un equipo denominado simulador de paciente (Prosim 2 - Fluke), con la capacidad de generar señales electrocardiográficas de frecuencia variable.

- Fuentes de información: para la búsqueda de artículos científicos, se cuenta con la base de datos especializada en ingeniería electrónica: IEEE. Como otra fuente de información fue usada las páginas de internet de creadores de herramientas de sistemas embebidos (<http://www.raspberrypi.org>) y programas de uso libre (<http://www.processing.org>).
  - Instrumentos: los datos necesarios para cumplir los objetivos, requieren bases de datos y dispositivos simuladores de paciente.
  - Sistematización de la información: Los datos adquiridos serán tratados por algoritmos diseñados en el asistente matemático Matlab. Como herramienta de desarrollo se utilizará el lenguaje C y programas de uso libre para la programación de dispositivos tipo ARM y desarrollo de interfaces gráficas.
- ✓ **Actividades de formación: describir actividades específicas de formación en investigación hasta la fecha para los estudiantes vinculados a los proyectos de semilleros (requerido) y grupos (con auxiliares y asistentes de investigación).**

En esta fase del proyecto se ha dado valor agregado a las actividades de formación de estudiantes generadas en la fase II de este proyecto. Como se ha escrito en informes pasados, en la fase II se tuvo la oportunidad de patrocinar actividades del estudiante de Maestría Pablo Ospina. Estas actividades permitieron generar avances en el desarrollo de una interfaz gráfica y analizar la conectividad con herramientas libres para compartir datos en la nube. En la Fase III de este proyecto se han realizado pruebas con señales electrocardiográficas y el envío de datos a la nube a través del uso de servidores gratuitos. Esta labor ha generado una propuesta de artículo, incluido en carpeta de evidencias.

Dentro de las actividades de formación se encuentra la inclusión como auxiliar de investigación patrocinado por las becas de movilidad internacional estudiantil IAESTE. Estas becas son gestionadas por la Oficina de Relaciones Internacionales e Interinstitucionales ORII de la USTA.

En esta ocasión se abrió una plaza para sistemas digitales y procesamiento de señales. La oferta fue solicitada por el estudiante de ingeniería Eléctrica Mateus Urrêa Massóca proveniente de la Universidad Federal de Sao Carlos UFSCar de Brasil.



# UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

## PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

### UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

Su pasantía fue realizada en el grupo de investigación MEM de la Facultad de Ingeniería Electrónica, bajo la tutoría del docente Javier González Barajas (líder del Semillero en Procesamiento Digital de Señales).

Su pasantía fue orientada al diseño y desarrollo de aplicaciones para tratamiento digital de señales y visión artificial en sistemas embebidos. Los resultados obtenidos en esta actividad fueron de gran pertinencia para este proyecto debido al ensayo de diferentes algoritmos para interfaz gráficas en el software de uso libre: Processing. Los algoritmos fueron ensayados en dos plataformas de sistemas embebidos: Raspberry Pi y Cubox I.

El docente Marco Vega (Co investigador), estuvo a cargo de la asignatura Teoría de comunicaciones del programa de Ingeniería Electrónica. En el primer semestre de 2017, se logró el diseño y ejecución de una práctica de laboratorio. En esta práctica los estudiantes diseñaron e implementaron un circuito transmisor de señal electrocardiográfica usando de Frecuencia Modulada (F.M). El sistema fue implementado por un circuito integrado y otro real para la transmisión de la señal inalámbricamente y poder ser detectada con el analiza de espectro. Para esto se tuvo en cuenta que la frecuencia del emisor fuera en un sitio disponible y no estuviera muy cerca a las emisiones en F.M, para evitar interferencias y fuera de fácil recepción también se tuvo como base el aparato receptor en este caso el analizador de espectro.

Durante el semestre, el docente Eduard Galvis (co Investigador) con el apoyo de estudiantes de Ingeniería electrónica de VIII semestre, se ha logrado subir datos a la nube, utilizando la plataforma Thinkspeak. Además una vez los datos están disponibles en la nube, se pueden bajar desde cualquier lugar del mundo utilizando una tarjeta de desarrollo Raspberry Pi 3. La programación del algoritmo de subida y bajada de datos de la nube se ha hecho con el lenguaje de programación Python. Con el desarrollo de este proceso, se sientan las bases para futuros proyectos de Internet de las cosas.

✓ **Consideraciones éticas (para trabajos de investigación que involucren intervención con participantes humanos o animales)**

Las señales electrocardiográficas utilizadas en este proyecto fueron tomadas de bases de datos y de generadores de señales provenientes de simuladores de pacientes. Por lo cual, no se usaron sujetos vivos para la adquisición de señales.

✓ **Relación con el currículo: Describir posibles aportes del proyecto al currículo los programas y unidades académicas.**

Con respecto al programa de Ingeniería Electrónica, se han generado contribuciones en las asignaturas como Teoría de las comunicaciones, en la cual se desarrolló una práctica de laboratorio.



# UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

---

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

---

También se ha generado el insumo para la creación de una nueva asignatura electiva denominada Sistemas Embebidos. Esta asignatura ha sido creada por el docente Eduard Galvis (Co investigador) y tiene como el objetivo impartir los conceptos básicos de instalación de sistemas embebidos y desarrollo de aplicaciones en estas plataformas.

✓ **Avance alcanzado con respecto al cronograma inicial y ajustes pertinentes.**

Con respecto a al cronograma inicial, se ha tenido avance con respecto al desarrollo de pruebas preliminares en plataformas de sistemas embebidos.

También se ha logrado avances con pruebas de envío de datos a la nube y visualización desde diferentes tipos de dispositivos: Computadores personales y móviles.

✓ **Logros generales de la investigación hasta la fecha.**

Se ha logrado ejecutar pruebas preliminares en diferentes tipos de plataformas de sistemas embebidos. Gracias a la participación de un estudiante de intercambio patrocinado por la beca de la red IAESTE, se pudo hacer pruebas en otro tipo de plataforma de sistema embebido.

Con respecto al manejo de herramientas informáticas, ha sido escogido el software libre: Processing. Con esta herramienta se ha logrado realizar programas en la plataforma para sistemas embebidos para adquirir y visualizar señales electrocardiográficas.

Con ayuda de las librerías de la herramienta processing, se han podido hacer pruebas de adquisición y visualización de datos en sistemas embebidos. Los ensayos con processing han permitido avances preliminares en cuanto al envío y visualización de datos en la nube.

El uso del lenguaje de programación llamado Python, es algo de resaltar, dado que muy pocas personas manejan este lenguaje al interior de la facultad de Ingeniería electrónica.



✓ **Tipo de productos derivados del avance del proyecto a la fecha (movilidades, publicaciones, alianzas/redes establecidas, otro tipo de productos).**

<b>Tipo de producto</b>  (Artículo, ponencia, evento, libro, capítulo de libro, etc.)	<b>Nombre de producto</b>  (Indique título del artículo, ponencia, evento, libro, capítulo de libro, etc.)	<b>Fecha de revisión, publicación o presentación</b>  (Indique fechas de publicación, revisión o presentación en evento del producto. Si aún no se tiene el producto final, indique la fecha de entrega)	<b>Nombre de la revista/libro o evento en que se presenta el producto.</b>  (Si el producto no se ha finalizado indicar el medio en el que se proyecta la publicación o divulgación)	<b>Modo de verificación</b>  (ISSN, ISBN, página web, etc. Si el producto no se ha finalizado, escribir "no se ha finalizado" en esta columna.)	<b>Número de anexo</b>  (Incluya en los anexos, de manera ordenada el soporte escaneado que demuestre la existencia del producto o el envío a revisión –asigne un número a cada anexo y relaciónelo en esta columna. Si el producto no se ha finalizado, escribir "no se ha finalizado" en esta columna)

✓ **Dificultades enfrentadas en la realización del proyecto hasta la fecha.**

Se debe tener en cuenta que el acta de inicio fue firmada el día 23 de marzo, pero enviada oficialmente el 2 de mayo.

Se presentaron demoras en la llegada de los implementos importados.

✓ **Proyección de productos.**

Está proyectado la generación de un artículo en revista.

✓ **Observaciones de los supervisores.**

Ninguna.

**Nota:** Los proyectos aprobados con ajustes deben incluir modificaciones sugeridas por el par o justificación de su exclusión con el visto bueno del supervisor del proyecto.

**Contenido del informe administrativo (realizadas hasta la fecha)**

- Relacionar solicitudes de contratos con empresas, asistentes, auxiliares o servicios técnicos.
- Relacionar los rubros globales que inicialmente fueron aprobados en la propuesta y los que se han ejecutado hasta la entrega del informe.
- Describir el valor ejecutado por rubro hasta la fecha de entrega.
- Elaborar el detallado de gastos en cada uno de los rubros aprobados, con el valor correspondiente y la fecha de solicitud.



**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS**  
**PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA**  
**UNIDAD DE INVESTIGACIÓN**

<b>RUBROS FINANCIABLES</b>				<b>Fecha de recepción del recurso solicitado</b>
	<b>Monto aprobado FODEIN</b>	<b>Valor ejecutado</b>	<b>Fecha de solicitud</b>	
Auxilio a investigadores	\$2.000.000	0		
Equipos	\$7.000.000	\$ 3.387.450		En espera
publicaciones	\$1.600.000	0		
Servicios técnicos	\$14.000.000	0		
Movilidad académica	\$2.000.000	0		
Imprevistos	\$ 2.700.000	0		
Pares Académicos	\$ 400.000	0		
<b>TOTAL</b>	<b>\$29.700.000</b>	<b>\$ 3.387.450</b>		