



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE CÓMPUTO**



UNIDAD DE APRENDIZAJE: INSTRUMENTACIÓN

PRÁCTICA 2

ESTETOSCOPIO ELECTRÓNICO Y LABVIEW

**“PARTE 1. REGISTRO DE LA SEÑAL ACUSTICA DEL LATIDO
CARDIACO MEDIANTE MICROFONO DE ELECTRET
(CONDENSADOR) Y LABVIEW”**

FECHA DE REALIZACIÓN AGOSTO DE 2021

TRABAJO EN CASA

PROFESOR : ING. JUAN CARLOS TÉLLEZ BARRERA

Sistema de medición de frecuencia cardiaca por medio de LabView

Como parte de las actividades para esta contingencia sanitaria estructure esta práctica para que puedan dar seguimiento al curso de Instrumentación, como lo mencione desde un principio del curso mi prioridad es que ustedes puedan aplicar sus conocimientos de electrónica y algunas herramientas de apoyo para realizar mediciones de cualquier índole, la clave para realizar una medición, ya sea de variables presentes en la naturaleza, industria, biológicas o hasta de índole de entretenimiento, para lograr esto debemos:

- Reconocer adecuadamente el tipo de variable a medir.
- Determinar el medio transductor o sensor adecuado para captar o registrar esta variable dependiendo de su naturaleza, ya sea eléctrica, mecánica, óptica, etc.
- Elegir el circuito de acondicionamiento adecuado para tratar la señal de manera correcta y su correspondiente adquisición para su registro en función del tiempo.
- Que características de la variable son destacadas para poder analizar la información adquirida y su registro, ya sea análogo, grafico o digital.
- El posterior tratamiento de la información para que esta sea de utilidad ya sea a futuro o con motivos de control.

La dinámica del curso requiere no solo el diseño electrónico, al mismo tiempo depende de los instrumentos de laboratorio que no tenemos a nuestro alcance en este momento, además que como parte fundamental del curso no solo es realizar la medición de una variable, sino la correspondiente generación o creación del instrumento de medida que nos pueda presentar de una manera ya sea grafica o numérica la cuantificación de la variable y la comprensión de la magnitud de la misma.

Por lo cual realizaremos esta práctica con los elementos que tienen a su alcance en sus casas:

- Computadora.
- Elemento sensor, que será un micrófono de condensador para PC.
- Herramienta de procesamiento, cuantificación y generación de instrumento con el software LabView.

La práctica la llevaran a cabo en dos fases, de las cuales me mandaran evidencia, yo le indico como, con un pequeño video de funcionamiento máximo de un minuto para la Parte 1 y para la Parte 2 video similar con reporte.

Parte 1. Registro de la señal acústica del latido cardiaco mediante micrófono de electret (condensador) y LabView

La realización de estas prácticas requiere la revisión del material de estudio que expongo a continuación y la adecuación de los parámetros necesarios para su procesamiento en el entorno grafico de LabView, este material es para tener la comprensión del parámetro de medición así como el ajuste del programa para su correcta ejecución. Asimismo les dare el enlace de un tutorial básico de LabView de video disponible en youtube, no es de mi autoría, pero son los más adecuados que encontré para comprender el entorno grafico del programa que realmente es sencillo de usar, claro está si quieren ahondar más en el para un uso más potente lo dejo a su decisión.

Antes que nada vamos a ver una introducción a la medición de señales cardiacas, recuerden debemos conocer la variable a medir, ustedes medirán frecuencia cardiaca, deberán conocer los tipos más elementales de medición, las señales que arrojan, las consideraciones de frecuencia y forma de onda para poder tratar la señal de manera adecuada y por consiguiente la mejor manera de implementar la medición con LabView, yo les mostrare la primera fase para que puedan recrear la primera parte sin problemas, la segunda parte la implementaran por su cuenta, yo solo les mostrare lo que hice para mostrarle la factibilidad de su realización.

Introducción

La frecuencia cardíaca es uno de los cuatro parámetros que permiten valorar el estado de las funciones corporales, junto a la temperatura corporal, la tensión arterial y la frecuencia respiratoria. Definida como la tasa de latidos del corazón, es un indicador de la actividad de éste, y proporciona información muy útil acerca de la salud de una persona, y de la posible gestación de enfermedades cardiovasculares. Por tanto, la obtención del pulso se convierte en un procedimiento básico en el diagnóstico de un paciente, y se hace necesario disponer de técnicas que nos ofrezcan medidas precisas y fiables.

El interés sobre este proyecto nace de la necesidad de encontrar alternativas al ECG (Electrocardiografía), técnica tradicionalmente usada para la monitorización de la frecuencia cardíaca en el ambiente sanitario y el correspondiente diagnóstico de salud. Asimismo vamos a hacer un pequeño énfasis en otros métodos de medición alternos que cumplen con una función similar, la intención es poder analizar sus similitudes en el registro de señal, las consideraciones para su análisis en el tiempo, filtrado y características que permitirán la medición de frecuencia cardiaca.

Originalmente en el laboratorio de Instrumentación una de las prácticas que realizarían sería el Fotopletismógrafo con la intención de realizar la medición de frecuencia cardiaca (FC), para conseguir este propósito la técnica elegida fue la fotopletismografía, elegida por alcanzar una precisión similar al ECG pero no invasiva, manejable y portátil a nivel práctico. Debido a las limitaciones de circuitería electrónica en este momento para ustedes esta práctica cambia totalmente en el sentido que solo usaremos como medio de detección un micrófono de condensador convencional a manera de estetoscopio electrónico y la entrada de micrófono de la PC, por ello se hace necesario que la adquisición, el procesamiento y obtención de frecuencia sea por medio de software apoyándonos en Labview que tiene todas herramientas de procesamiento que necesitamos, y lo que es mejor, no requeriremos de circuitos adicionales ni equipos de medición. Por ello es muy importante el estudio aunque sea breve de 4 métodos representativos en la medición de FC debido a sus similitudes en cuanto al registro de señal, forma de onda y consideraciones de frecuencia, cuyos datos son importantes para lograr un ajuste adecuado al procesamiento de esta señal con LabView.

Los métodos de detección de señal cardiaca

A continuación se hace una descripción breve de 4 de los métodos para el registro de la señal cardiaca y su medición de frecuencia.

Electrocardiografía (ECG)

La señal de ECG representa la actividad eléctrica recogida en el miocardio, que es el músculo encargado de la contracción cardíaca. Su forma es ya muy conocida y su uso es fundamental para la detección de distintas patologías derivadas del funcionamiento del sistema cardiovascular.

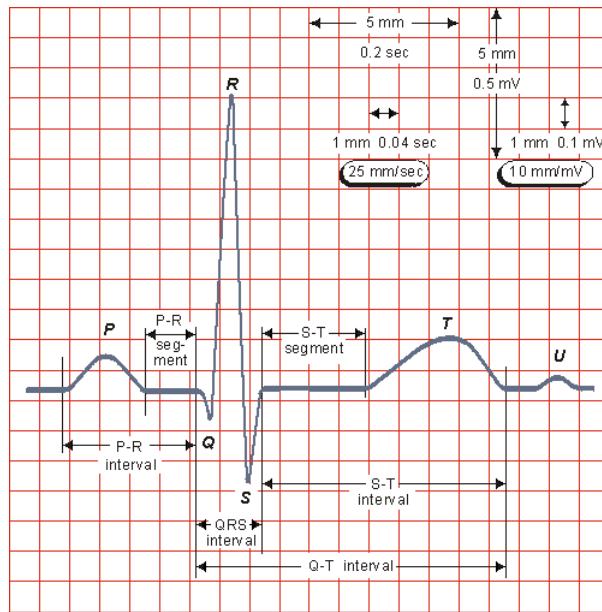


Figura1: Ciclo completo del ECG normal

Como puede observarse en la Figura 1, la onda típica de ECG ha sido minuciosamente analizada y todas sus componentes estudiadas y descritas. Entre otros sucesos, en la señal de ECG pueden distinguirse las distintas contracciones de las fibras ventriculares. Estas contracciones son periódicas, con una frecuencia del orden del hertz (1 ciclo por segundo) esto si la señal es adquirida en condiciones de reposo, tomando como referencia el periodo de tiempo transcurrido entre un pico R, el cual es el más alto, y el inmediatamente posterior, conocido este valor como intervalo RR. Lo que se hace es emplear un detector de picos para extraer la información útil de la señal de ECG y a partir de ese vector de tiempo calcular la frecuencia cardiaca.

Fotopletismografía (PPG)

La señal de PPG recoge las variaciones que se producen en el flujo o en el volumen sanguíneo que ocurre con cada contracción cardíaca. En los últimos años su uso se ha comenzado a extender debido a su fácil uso y su técnica no invasiva, lo que hace que el sensor de pulso-oximetría se haya convertido en sustituto en muchas ocasiones de otro instrumental biomédico como puede ser el ECG.

Constituido básicamente por un emisor y un receptor infrarrojo, el cual es colocado ya sea en el dedo o el lóbulo del oído, la variación volumétrica del flujo sanguíneo que acompaña a cada latido cardíaco produce un cambio en la transmisión y recepción de la radiación infrarroja, con ello se puede adquirir una señal eléctrica correspondiente a esas variaciones y por consiguiente de los latidos del corazón.

Este desarrollo ha arrastrado consigo una amplia investigación de las propiedades de la señal extraída. A pesar de su aparente simplicidad, no sólo de su técnica sino también de la forma recogida en su onda, esta señal ha resultado ser muy compleja, pudiendo detectarse en ella multitud de actividades y respuestas como la frecuencia cardíaca, la respiración, saturación de oxígeno, la viscosidad de la sangre, la presión arterial o incluso cambios de la postura del usuario. Como punto en contra se ha detectado que esta señal es muy sensible a los denominados artefactos, que son errores que se observan en la medida como resultado de la propia técnica de medida, del instrumental utilizado o del procesado necesario para extraer las características.

El ciclo completo de la señal PPG de un paciente sano puede verse en la Figura 2.

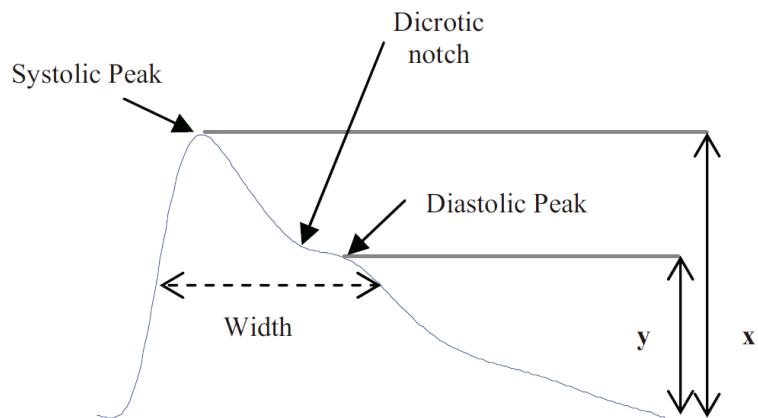


Figura 2 : Ciclo completo de un PPG normal

Esta señal tiene una componente DC y una componente AC. Es en esta última donde se detectan las características de la señal, siendo el valor DC despreciado en la mayoría de las situaciones. A continuación se enumeran los principales parámetros de esta señal:

Amplitud sistólica (Systolic Peak)

Es el nivel máximo de volumen que se detecta en el área sometida a medición correspondiente a la fase sistólica del corazón, donde se eyecta la sangre.

Amplitud diastólica (diastolic Peak)

Tras el pico sistólico, el volumen comienza a decrecer pero se detecta un punto de inflexión tras el que se encuentra otro pico denominado diastólico, que está relacionado con la fase diastólica del sistema cardiovascular en la que los ventrículos se llenan de sangre. Este pico no siempre es visible al representar gráficamente la señal de PPG, quedando oculto por la bajada desde el pico sistólico. Este hecho no tiene relevancia en nuestra medición, sin embargo, cuando sí es visible el pico diastólico, un detector de picos mal configurado podría confundir erróneamente el pico diastólico con el sistólico.

Ancho del pulso (Width)

Es el tiempo que transcurre desde que el nivel traspasa el 50% del nivel del pico sistólico hasta que vuelve a traspasarlo cuando decrece la señal. Este valor está correlacionado con la resistencia del sistema vascular.

Intervalo pico-a-pico

Es el tiempo que transcurre entre dos picos sistólicos sucesivos. Este valor está correlacionado con el intervalo de tiempo RR extraído del ECG.

Intervalo de pulso

Es el tiempo que transcurre entre el nivel mínimo de volumen detectado en el ciclo de PPG y el siguiente. Este valor suele ser idéntico al del intervalo pico-a-pico y se prefiere su uso cuando los picos sistólicos son más difíciles de reconocer (por ejemplo, cuando la cima de la señal tiene una pendiente suave).

Relación entre ECG y PPG

Una vez que repasamos algunas de las características de ambas señales vamos a relacionarlas para ver sus similitudes, en este registro en el dominio del tiempo corresponden a un sujeto y las mediciones se realizaron de manera simultánea, como se puede apreciar en la siguiente figura.

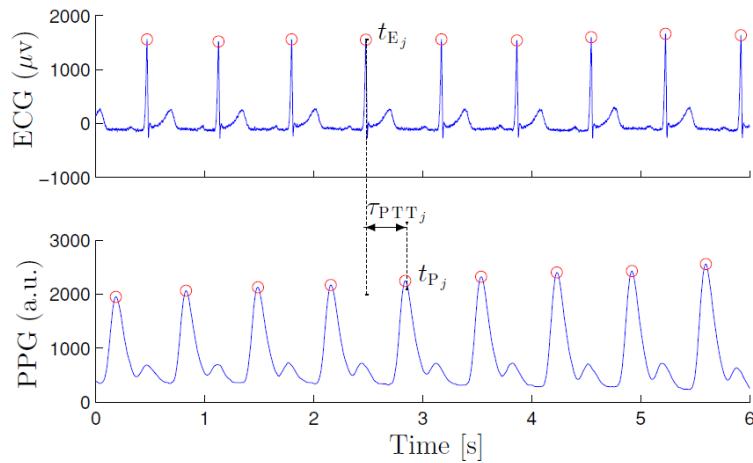


Figura 3: Señales ECG y PPG simultaneas.

Como puede observarse en la figura anterior, entre el pico R de la señal de ECG y el pico sistólico de la señal de PPG existe un cierto retraso del orden de los centenares de milisegundos que se mantiene constante durante toda la medición y que no es más que el tiempo que transcurre desde que ocurre la sístole ventricular hasta que este evento se advierte en el área donde se encuentra el sensor de pulso_oximetría . Pero más allá de este retraso no hay mayor discrepancia entre el periodo que transcurre entre dos picos R y dos picos sistólicos, pudiendo comprobarse que la correlación entre ambos intervalos es cercana a 1. Esto quiere decir que la extracción del vector de tiempo RR puede hacerse directamente midiendo el intervalo pico-a-pico de la señal de PPG, validando que la frecuencia cardiaca puede realizarse por cualquiera de los dos métodos de manera correcta y confiable, además que la característica principal entre ambas es que hay una similitud en la amplitud muy distinguible correspondiente al pico sistólico, el cual será la primera característica a recuperar para lograr nuestra medición de FC con labView.

Seismocardiografía

La Seismocardiografía es una técnica basada en la medición de las vibraciones transmitidas a la pared torácica por el corazón durante su movimiento. La medida de estas vibraciones se denomina seismocardiograma (SCG), y se realiza de forma no invasiva mediante acelerómetros. Mientras el ECG nos proporciona información sobre el aspecto eléctrico del corazón, señales como la del SCG nos permiten echar un vistazo a su aspecto mecánico.

El término seismocardiograma se deriva de la palabra sismograma, registro de los movimientos del suelo (sísmicos) utilizado en sismografía para estudiar terremotos y ondas elásticas originadas en el interior y superficie de la Tierra. De hecho, la primera aplicación del SCG consistió en la obtención con un instrumento para registrar movimientos de la tierra de señales cardíacas generadas por la vibración del cuerpo. Sin embargo, el primer uso de la palabra seismocardiograma no se registra hasta 1960, fruto del trabajo de unos investigadores rusos (Baevski y Bozhenko) que utilizaron acelerómetros para medir la aceleración proveniente de las vibraciones cardíacas. Aplicando esta tecnología para monitorizar la salud en el programa aeroespacial, consiguieron además monitorizar de manera simultánea el ECG y el SCG, lo que permitió analizar las componentes sistólicas y diástolicas del SCG, y relacionar ambas señales.

EL SCG se puede obtener de manera no invasiva mediante la colocación de un acelerómetro en la zona precordial del pecho del paciente (en la apófisis xifoides normalmente, extremo inferior del esternón). En la actualidad, acelerómetros triaxiales nos permiten observar las componentes del SCG en los tres ejes (siendo la más importante la dorsal-ventral, correspondiente a la componente sagital y que se suele configurar para que sea el eje z). La señal del SCG es cuasiperiódica, componiéndose de varias ondas que corresponden a diversos eventos del ciclo cardíaco. En cuanto a la frecuencia, existen dos vertientes con respecto al intervalo del espectro que abarca el SCG, debido a que los acelerómetros empleados son capaces de barrer el espectro desde 0 Hz a frecuencias por encima de 1 KHz. La primera vertiente sostiene que el SCG pertenece a la gama infrasónica (por debajo de los 25 Hz), mientras que la segunda sostiene que las señales de fonocardiograma (PCG), en el intervalo por encima de 25 Hz, deberían considerarse seismocardiogramas de alta frecuencia.

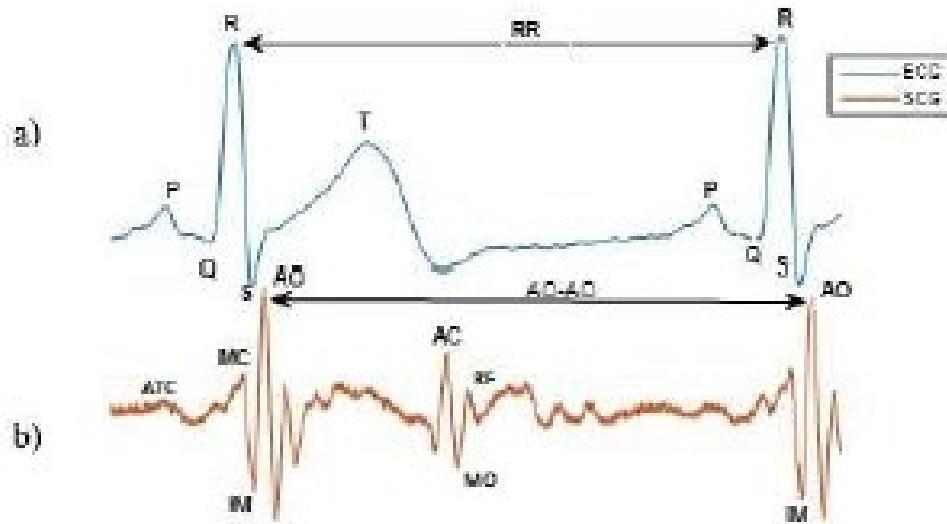


Figura 4: a) ECG b) SCG

La señal del SCG contiene varios puntos notables, como se puede observar en la Figura 4. La onda ATC se correspondería con la contracción auricular, siendo MC el cierre de la válvula mitral. IM es la contracción ventricular isovolumétrica, mientras que la onda AO es la apertura de la válvula aórtica. AC corresponde al cierre de la válvula aórtica, MO la apertura de la válvula mitral, y finalmente RF el llenado rápido del ventrículo izquierdo.

La forma de la onda SCG está influenciada por la respiración, y varía considerablemente de sujeto en sujeto. La frecuencia cardíaca se puede calcular a partir de esta señal de dos maneras: mediante la búsqueda del inicio de cada latido para calcularla por intervalo entre latidos (identificando principales deflexiones positivas y negativas de cada latido, puntos AO, IM y AC), y a partir de la transformada de la señal.

Fonocardiografía

Los sonidos del corazón son el resultado de la interacción de los eventos dinámicos del ciclo cardíaco asociados a la contracción y relajación de aurículas y ventrículos, los movimientos de las válvulas y el flujo sanguíneo. Estos sonidos pueden ser escuchados desde el pecho a través de un estetoscopio, realizando una auscultación cardíaca, método que sirve para la evaluación de la intensidad, frecuencia, duración, número y calidad de los latidos del corazón.

Con la ayuda de dispositivos electrónicos (micrófonos de alta sensibilidad), se consigue de manera no invasiva una representación gráfica de las grabaciones de los sonidos del corazón. Esta técnica se conoce como fonocardiografía. Las mejoras en la microelectrónica analógica y digital han llevado al desarrollo del estetoscopio electrónico y sus funcionalidades, abriendo las posibilidades de uso de la auscultación cardíaca.

En un fonocardiograma (PCG) generalmente se pueden identificar dos sonidos: S1 “lub”, el más grave de los dos, vibración debida al movimiento de la sangre durante la sístole ventricular, al cierre de válvulas mitral y tricúspide y a posterior apertura de las válvulas pulmonar y aórtica; y S2 o “dub”, más breve y agudo, debido a la desaceleración y flujo reverso de sangre en la aorta y arteria pulmonar, y apertura de tricúspide y mitral. La separación entre ambos ruidos (sístole) es de unos dos tercios de su separación diástólica (intervalo entre fin de S2 y principio de S1 constituye la diástole). Todas estas características se pueden observar en la Figura 5.

Para recoger el PCG se necesita un transductor que transforme la onda acústica en una señal eléctrica proporcional, que será un estetoscopio o fonendoscopio electrónico.

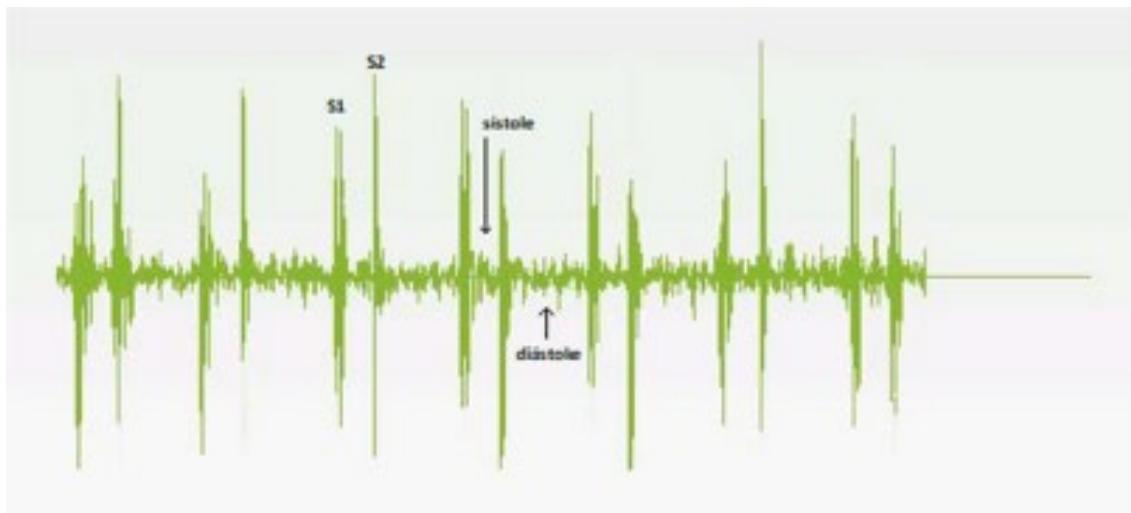


Figura 5:.Fonocardiograma.

Aparte de los sonidos cardíacos normales, sonidos anormales llamados soplos o murmullos también pueden ser registrados. Aunque la distinción entre ellos no es estricta, se puede afirmar que los sonidos normales son más rítmicos y tienen una duración más corta, mientras que los soplos tienen un carácter predominantemente ruidoso, y por lo general una duración más larga. Con respecto a su origen, se cree que los sonidos del corazón se deben a fenómenos de resonancia de las estructuras cardíacas y la sangre, siendo consecuencia los murmullos de turbulencias en el flujo sanguíneo. Mientras los sonidos normales se utilizan para determinar la frecuencia cardíaca, los soplos, con

características espectrales distintas, pueden ser filtrados para diagnosticar anomalías del corazón.

En resumen, la fonocardiografía es el registro de los fenómenos audibles provocados por la acción mecánica del corazón, cuya frecuencia se sitúa entre **los 20 y los 1000Hz**. Con fines de diagnóstico médico, esta técnica graba los sonidos, a veces en presencia de otras señales como el ECG, con el objeto de examinarlas y establecer patrones que puedan ayudarnos a detectar anomalías cardíacas en comparación con registros de onda de los bancos de datos.

Las ventajas e inconvenientes de esta técnica son: Técnica inofensiva y no invasiva, configuración sencilla, la grabación requiere una única sonda y no utiliza cables, es afectada por ruidos indeseables de otras partes del cuerpo, y del entorno circundante, el análisis de la señal requiere de una elevada experiencia y habilidad.

En la actualidad, los sensores que se utilizan para la obtención del fonocardiograma son inalámbricos, usando tecnologías WSN (Wireless Sensor Network). Centrados especialmente en la tecnología Bluetooth. La ventaja de usar este protocolo frente a alternativas como WiFi o Zigbee es que permite una muy alta velocidad de datos, a costa de necesitar procesadores de alto rendimiento que consumen mucha energía, tienen una vida corta de batería, y tienden a ser más caros.

Frecuencia cardíaca en reposo

Un parámetro importante para poder hacer nuestras mediciones es saber cuál es nuestra correspondiente frecuencia cardiaca de acuerdo a determinadas circunstancias, la principal es en estado de reposo, la cual depende de factores genéticos, del estado físico y psicológico, de la edad, del sexo, de la postura y de las condiciones ambientales. En niños suele estar entre 80-120 pulsaciones por minuto, siendo valores normales para un adulto los situados entre 60-100 pulsaciones por minuto, durante el ejercicio físico el rango puede aumentar a 150-220 pulsaciones por minuto, y durante el sueño puede bajar de 60 pulsaciones por minuto Una clasificación más detallada puede observarse en la Tabla siguiente:

RANGOS DE FRECUENCIA CARDÍACA EN REPOSO	
Edad	Latidos por minuto (bpm)
Recién nacidos (0-1 mes de edad)	70 - 190 bpm
Bebés (1-11 meses de edad)	80 - 160 bpm
Niños (1-2 años)	80 - 130 bpm
Niños (3-4 años)	80 - 120 bpm
Niños (5-6 años)	75 - 115 bpm
Niños (7-9 años)	70 - 110 bpm
Niños de más de 10 años, adultos	60 - 100 bpm
Ancianos	< 60 bpm
Deportistas bien entrenados	40 - 60 bpm

Datos relevantes a considerar

Una vez que revisamos brevemente 4 de los métodos para registro de señal cardiaca podemos definir ciertas cosas, primero, independientemente del método a usar es que:

- En el registro de señal la porción correspondiente al pico Diastolico, que es el de mayor amplitud, es el que será nuestro objetivo de detección.
- Que el interés se centra en las frecuencias más bajas, menores a 20 hertz esto por algunas componentes de frecuencia que definen la forma de onda a registrar de tal modo que esta será nuestra frecuencia superior máxima.
- Que al ser de frecuencias bajas y debido a que usaremos como método de detección de señal basada en fonocardiografía a través de un sensor de condensador la propia naturaleza del circuito de la PC en la entrada de micrófono adicionara una componente de DC, por lo que el uso de filtros es necesario, en nuestro caso

digitales por software, por lo que de primera instancia requiere un filtro pasa altas de muy baja frecuencia de corte para atenuar esa componente de DC.

- Que el intervalo de frecuencias de interés esta dentro de un rango de 0.36 Hz. A 3.36 Hz., esto tomando en cuenta la frecuencia máxima en una persona en actividad deportiva (220 PPM) y como mínima estimada solo diez veces menor, lo cual definirá las frecuencias de corte de referencia para los filtros para recuperar nuestra señal, recuerden que el contenido de frecuencia depende de la edad, masa corporal, tipo de micrófono, etc, por lo que el ajuste será distinto para todos ustedes.
- La frecuencia cardiaca promedio a medir será en el intervalo de 60 a 80 latidos cardiacos en reposo.
- Que el intervalo de tiempo de la señal entre los picos es aproximadamente de 750 milisegundos a 1000 milisegundos en estado de reposo.
- Que si una vez que podamos registrar la señal por medio de un circuito electrónico esta se tuviera que adquirir por medio de un Convertidor Analógico Digital (CAD) para su posterior procesamiento requeriríamos como mínimo una frecuencia de muestreo, atendiendo a la frecuencia máxima en actividad deportiva y respetando el teorema de Nyquist sería de 440 hertz. La entrada de micrófono de la PC y de acuerdo a los parámetros que puede manipular el Labview en el CAD de la entrada de micrófono alcanza una frecuencia mínima de 11 000 hertz, muy superior a la señal que registraremos, por lo cual no habrá ningún problema para la adquisición y procesamiento.

Como captaremos la señal basados en el método de Fonocardiografía (PCG), por lo que para registrar la señal requerimos algo similar a lo que llamaríamos un “estetoscopio electrónico” por lo que como ya establecimos los parámetros a tomar en cuenta en la señal que registraremos solo queda estructurar la secuencia en el diseño del sistema de captación acústica, lo haremos a bloques, el cual será valido tanto para llevarlo a un diseño electrónico ó para el diseño de la secuencia de procesamiento en LabView.

Estructura de nuestro sistema de medición de frecuencia cardiaca basado en Fonocardiografía

Definiremos las etapas a bloques que compondrán nuestro sistema completo de medición de frecuencia cardiaca, como ya definimos las características de señal y las consideraciones para el diseño de nuestro sistema lo definiremos a bloques y daremos una descripción sencilla para proceder a la etapa de LabView.



Diagrama a bloques de las etapas del sistema de medición FC.

Sensor

Usaremos como sensor un microfono de electret, conocido también como microfono de condensador, su funcionamiento se basa en el principio capacitivo en el que los movimientos de una membrana metalica provoca variaciones en su capacitancia, por lo tanto en variaciones de señal, los cuales son amplificados por un transistor de efecto de campo interno. Este microfono lo obtendremos de un microfono para pc montado en un receptáculo a modo de “campana”, su construcción se explicara mas adelante.

Circuito de acondicionamiento de Señal CAS

No desarrollaremos circuiteria electrónica, esta etapa ya viene implícita en la entrada de microfono cuyo circuito de polarización y acondicionamiento de señal es “estándar” para la grabación y registro de audio, y ya tiene incorporado el Convertidor Analogico Digital de manera interna, por lo cual el CAS lo veremos como una caja negra que nos proporcionara la señal ya digitalizada y lista para ser procesada.

Filtro Pasa Altas

Este filtro es el que desacoplara las componentes de nivel que puedan afectar el procesamiento de señal, por lo cual la frecuencia será muy baja, del orden de 0.3 Hertz, esta frecuencia es de referencia por lo tanto es susceptible de ser modificad para ajustes, nunca será mayor a la siguiente etapa de filtro pasa bajas.

Filtro Pasa Bajas

Se encargara de eliminar las componentes de “alta frecuencia”, consideraremos alta frecuencia todo aquello mayor a la frecuencia de referencia de 3.7 Hertz que es la frecuencia limite que registraremos en nuestro sistema, al igual que en el FPB esta frecuencia es de referencia con posibilidad de ajustes.

Comparador de Nivel

Una vez recuperada la señal acústica y hacer los ajustes necesarios para obtener una señal analógica-continua con un pico máximo correspondiente al pico sistólico debemos comparar la con un valor de referencia, y así obtener una señal de valores discretos, esto es únicamente de niveles cero y máximo, a manera de pulsos cuadrados.

Medición de intervalo

Una vez obtenida la señal discreta procederemos a medir el intervalo de las variaciones o máximos obtenidos, las cuales al corresponder a los pulsos sistólicos corresponderá al periodo entre cada latido cardiaco.

Calculo de Frecuencia Cardiaca

Una vez que se obtiene el Periodo de la señal discreta hacer el cálculo matemático para obtener el valor de los pulsos por minuto de esta señal y desplegarla en valor numérico, el cálculo debe ser preferente entre pulso y pulso, no medir la ocurrencia en un intervalo de tiempo mayor a 10 segundos.

La primera etapa que ustedes recrearan será hasta el filtro pasa bajas , obteniendo una señal suavizada lista para ser procesada en las etapas subsecuentes, por lo que procederé a explicar la implementación de su “sensor” y la etapa de LabView.

Implementación de la Sonda de medición

Usaremos un micrófono de electret o de condensador, para ello nos valdremos de un micrófono para PC, este se distingue porque en un extremo tiene una capsula donde contiene este micrófono pequeño y la conexión a la PC es un conector Plug macho de 3.5mm similar al de la imagen.



Microfono para PC de pedestal o de diadema con el conector macho 3.5mm

La distinción es que en una diadema el micrófono está separado eléctricamente, por ello los dos conectores, si es posible separar el micrófono de la diadema este también se puede usar, corresponde al conector rosa en cualquier equipo similar. Si solicito que sea un micrófono de este tipo es que es muy posible que todos tengamos cualquiera de estos dos modelos y que ya no se usen y podamos reciclarlos, en las tiendas de autoservicio puede conseguirse a muy bajo costo, solo verificar que sea de condensador, explícitamente debe decir “para PC o Laptop”, no confundirlos con los micrófonos dinámicos que son más grandes, baratos y conector macho más grande monoaurales, estos son dinámicos de bobina móvil y no sirven para nuestros fines.



Micrófono dinámico, obsérvese el conector más grande y monoaural.

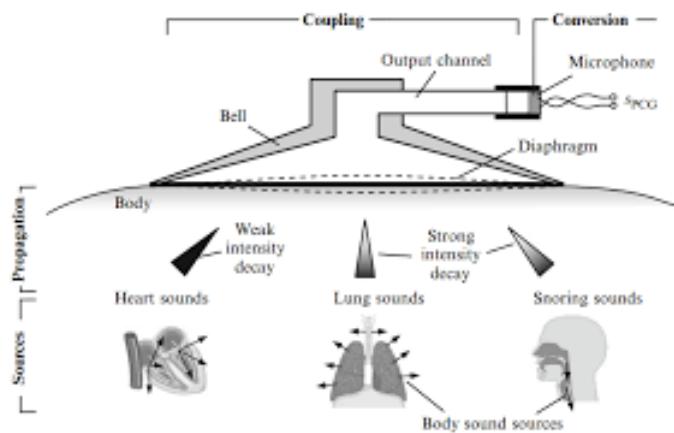


Micrófono y diadema con conector USB

Si el micrófono con el que cuentan tiene conexión USB también les puede servir, solo que al instalarlo verifique como lo registra el sistema para poder seleccionarlo como dispositivo de entrada en LabView correctamente.

Montaje del micrófono

El micrófono solo debe montarse dentro de un receptáculo, puede ser un envase plástico, un vasito de yogurt, o de cualquier material, con la precaución que no sea un vaso desechable ya que al tacto produce mucho ruido, el envase debe ser muy rígido o ligeramente suave para no adicionar ruido a nuestra sonda, pueden forrarlo con foami para que sirva de aislante. El envase cumplirá la función de “campana”, similar a la de un estetoscopio, una vez colocado el micrófono dentro este deberá ser sellado por el orificio o abertura por el cual se introdujo para que el movimiento y roce del cuerpo o cable del micrófono no produzca ruido adicional que pueda “enmascarar la señal acústica del corazón.



Estructura de la “campana” de un estetoscopio electrónico.

Observe la imagen anterior, en ella podemos apreciar la campana la cual sera el recipiente plástico a usar, el diafragma para asegurar el contacto con la zona a medir y provoque los ligeros cambios de presión que provoca el latido cardiaco al propagarse por la piel y tejidos orgánicos, la situación del micrófono es en la parte superior, no está en contacto con la superficie directamente.

En la imagen siguiente pueden observar mi sonda, es un botecito de gel y se puede notar el micrófono sin la capsula, el conector de 3.5mm y como lo introduce por un orificio y selle con silicon para evitar roce y movimientos, en la medida de lo posible procuren que el micrófono se pueda desarmar y no tengan que soldar, si hay algún detalle por favor contáctense conmigo para brindar la asesoría para reconexión.

Una vez armado ya está listo para la prueba, este es todo el hardware que necesitan, todo lo demás será por software por medio de LabView.



Sonda de fabricación propia

Pueden usar un Micrófono comercial para no tener que construirla y ahorrarse el trabajo de hacerlo solo que deberán adquirir un micrófono el mas económico y que puedan meter en un botecito como se los mostré en clase.



Micrófono de Solapa

Nota adicional, por lo regular ustedes tendrán una Lap Top, por lo que últimamente ya no tienen la entrada de micrófono separada sino en disposición “Combo” utilizando una misma salida para audífonos y micrófono como diadema:



Entrada “Combo” actual y terminales separadas en una Lap Top

Por lo que tienen varias opciones:

- 1.- Colocar una tarjeta de sonido USB económica para expandir sus puertos.



Tarjeta de sonido USB externa

- 2.- Usar un manos libres de celular para poder usar el micrófono sin que tengan que construir la sonda.



Manos libres alámbrico de celular, es compatible con la entrada combo siempre y cuando mantengan la configuración IOS.

3.- Usar un manos libres inalambrico y usar el micrófono del mismo.



Manos libres inalambrico economico

Recordemos que estamos estudiando una ingeniería y deben conocer el hardware de la computadora, investiguen un poco y eso nos dará pauta a manipular el hardware sin dañar su maquina como solo usaremos la entrada de micrófono no corre riesgo su equipo.

Software Labview

La siguiente etapa es el software LabView, es una plataforma y entorno de desarrollo para diseñar sistemas, con un lenguaje de programación visual gráfico pensado para sistemas hardware y software de pruebas, control y diseño, simulado o real y embebido. Los programas desarrollados con LabVIEW se llaman Instrumentos Virtuales, o VIs, y su origen proviene del control de instrumentos, aunque hoy en día se ha expandido ampliamente no sólo al control de todo tipo de electrónica (Instrumentación electrónica) sino también a su programación embebida, comunicaciones, matemáticas, etc.

Entre sus objetivos están el reducir el tiempo de desarrollo de aplicaciones de todo tipo (no sólo en ámbitos de Pruebas, Control y Diseño) y el permitir la entrada a la informática a profesionales de cualquier otro campo. LabVIEW consigue combinarse con todo tipo de software y hardware, tanto del propio fabricante (tarjetas de adquisición de datos, Visión, instrumentos) y Hardware de otros fabricantes. Su principal característica es la facilidad de uso, válido para programadores profesionales como para personas con pocos conocimientos en programación pueden hacer programas relativamente complejos, imposibles para ellos de hacer con lenguajes tradicionales.

El ambiente de programación es en un entorno totalmente gráfico que permite realizar aplicaciones y programas de forma rápida, esto es de gran ayuda aun para los programadores experimentados que pueden beneficiarse de él. Los programas en LabVIEW son llamados instrumentos virtuales (VIs). Para los amantes de lo complejo, con LabVIEW pueden crearse programas de miles de VIs (equivalente a millones de páginas de código texto) para aplicaciones complejas, programas de automatizaciones de decenas de miles de puntos de entradas/salidas, proyectos para combinar nuevos VIs con VIs ya creados, etc. Incluso existen buenas prácticas de programación para optimizar el rendimiento y la calidad de la programación. A partir de LabView 7.0 introduce un nuevo tipo de subVI llamado Vis Expresso (Express VIS). Estos son VIs interactivos que tienen una configuración de caja de diálogo que permite al usuario personalizar la funcionalidad del VI Expresso. El VIs estándar son VIs modulares y personalizables mediante cableado y funciones que son elementos fundamentales de operación de LabView.

Nosotros nos valdremos en esta primera etapa de los Express VI, en los cuales nos da la facilidad de poder elegir funciones ya predefinidas en las cuales podremos hacer los ajustes necesarios para implementar nuestro fonocardiograma, claro está al ser funciones prediseñadas y que acortan los tiempo de programación no permiten realizar muchas modificaciones, si queremos filtros más especializados, funciones matemáticas precisas, entonces se requerirá de los Vis estándar que son un tanto más complejos pero de igual forma son de rápida comprensión y estructuración para cumplir las funciones que requieren nuestro proyecto.

Carga de programa y licencia de estudiante

Como primer paso acceda al sitio web de National Instruments y solicitar una licencia de estudiante con la cual podrá descargar la última versión de LabView completa y funcional por seis meses, puede hacerlo a través de la siguiente liga:

<https://forums.ni.com/t5/Discusiones-sobre-Productos-NI/Licencia-gratuita-de-LabVIEW-para-estudiantes-por-6-meses/td-p/2451158?profile.language=es>

O usar el enlace que proporcionare en clase para que puedan “evaluar” el software, y usaremos como soporte didáctico el canal de Youtude de Aurelio Cadenas y su curso de labview.

Una vez que carguen el programa para poder trabajar y habilitar los puertos e interfaces de comunicación desde LabVIEW tenemos que instalar el complemento de **NI Visa**, el enlace está a continuación:

<https://www.ni.com/es-mx/support/downloads/drivers/download.ni-visa.html#329456>

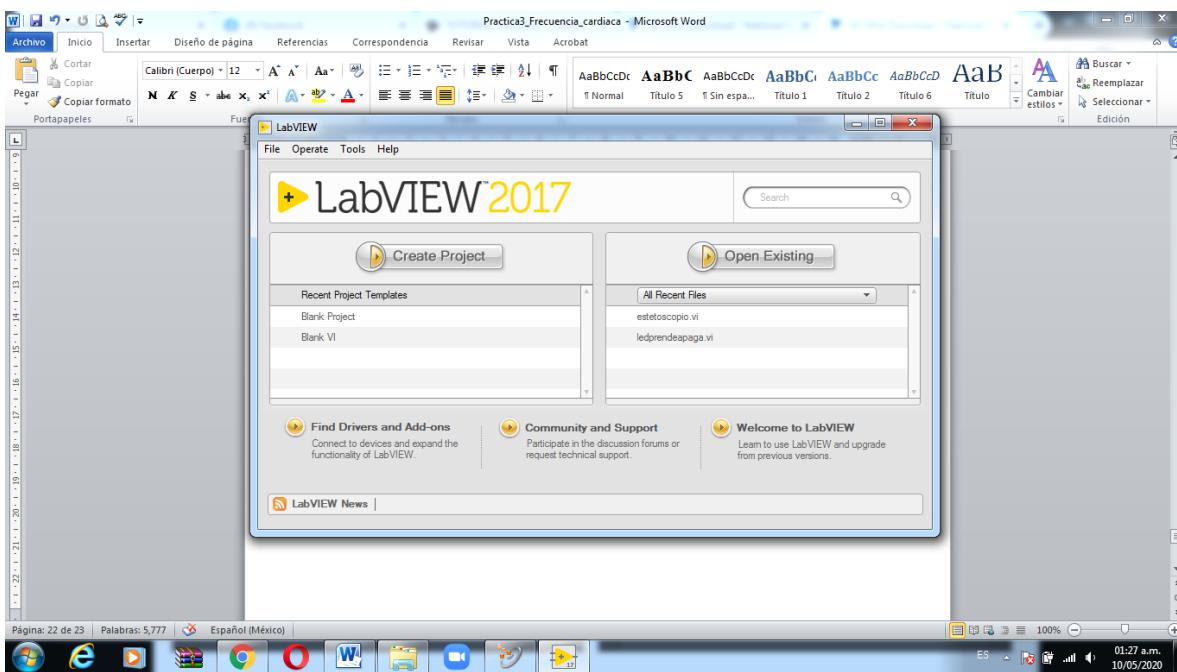
y como parte complementaria el **VI Package Manager**, Con el podremos cargar la interface de comunicación LINX para trabajar con el Arduino y pude reconocerlo sin problema, para ello podremos apoyarnos en las lecciones de Aurelio Cadenas y son del capitulo 19 en adelante de su curso de LabVIEW, aunque no usaremos de momento el Arduino conviene que ya este desde este momento listo el programa para su uso.

Ahora procederemos a realizar nuestro programa y que puedan llevar a cabo la primera fase de la práctica desplegando la señal acústica del corazón o Fonocardiograma.

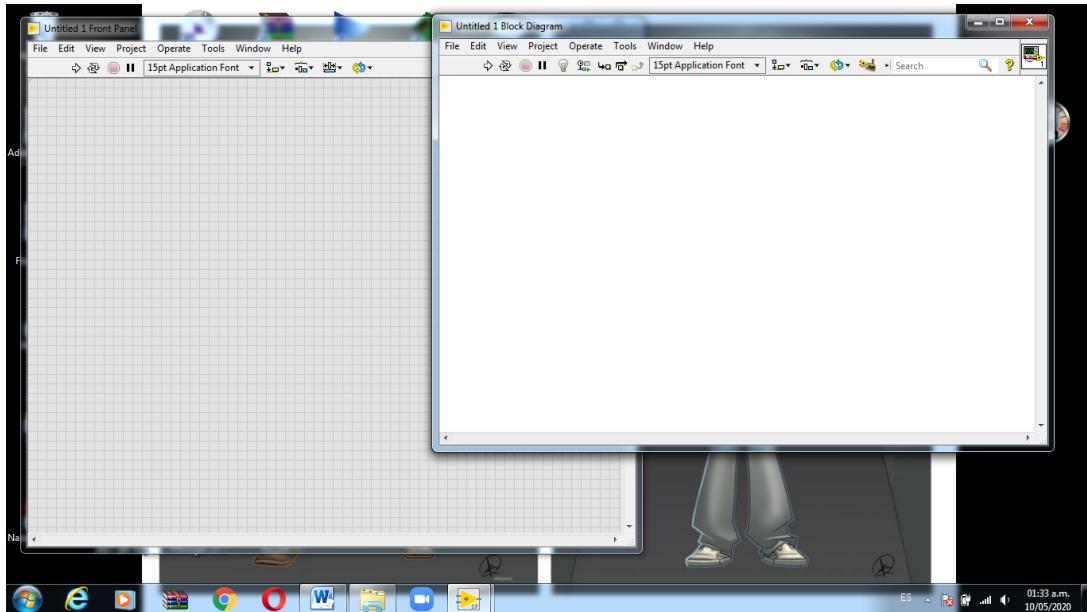
Creación del programa de graficación del Fonocardiograma.

La creación del programa relativamente es sencilla siguiendo los pasos que indicare, prácticamente es copiar y pegar, como lo indique esta parte es solo para familiarizarse y recrear el experimento como experiencia de captación de señal y procesamiento usando los VIs Express.

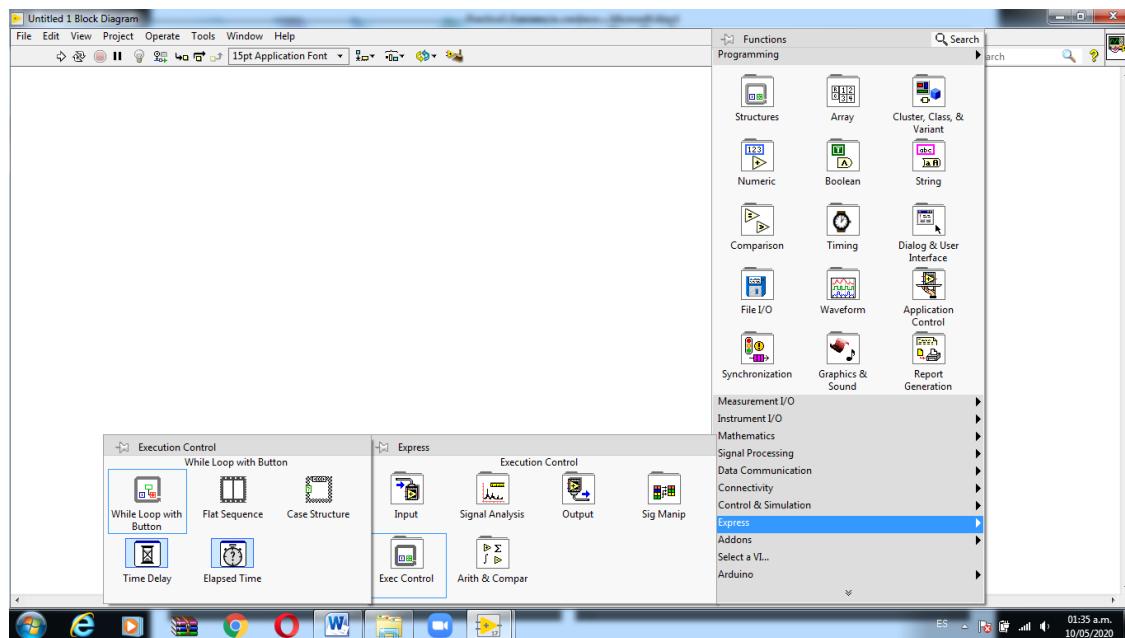
1.- Correr el programa, si consiguieron su licencia estudiantil no tendrán ningún problema y abrirá esta primera pantalla, seleccionar Blank.VI con lo que iniciaran un nuevo proyecto en blanco.



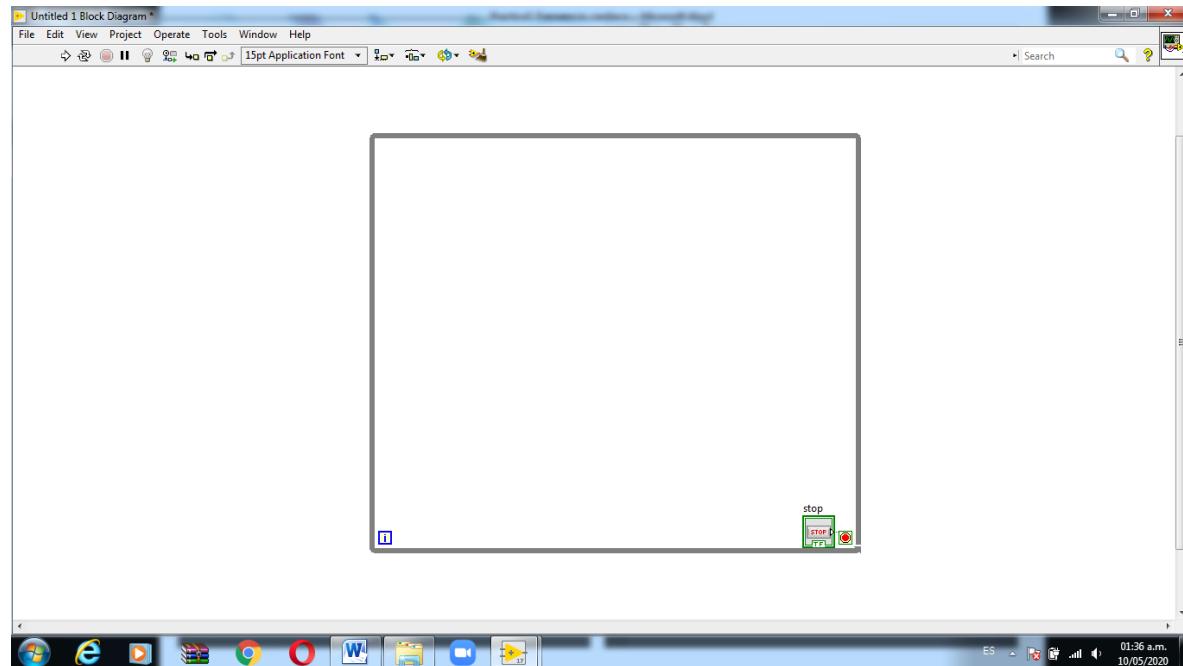
2.- Aparecerán dos pantallas, la gris corresponde al panel frontal de su instrumento, es donde se desplegaran los graficadores, controles, botones o desplegados derivados de su programación gráfica. La pantalla blanca al diagrama a bloques, es donde harán su programa o instrumento virtual



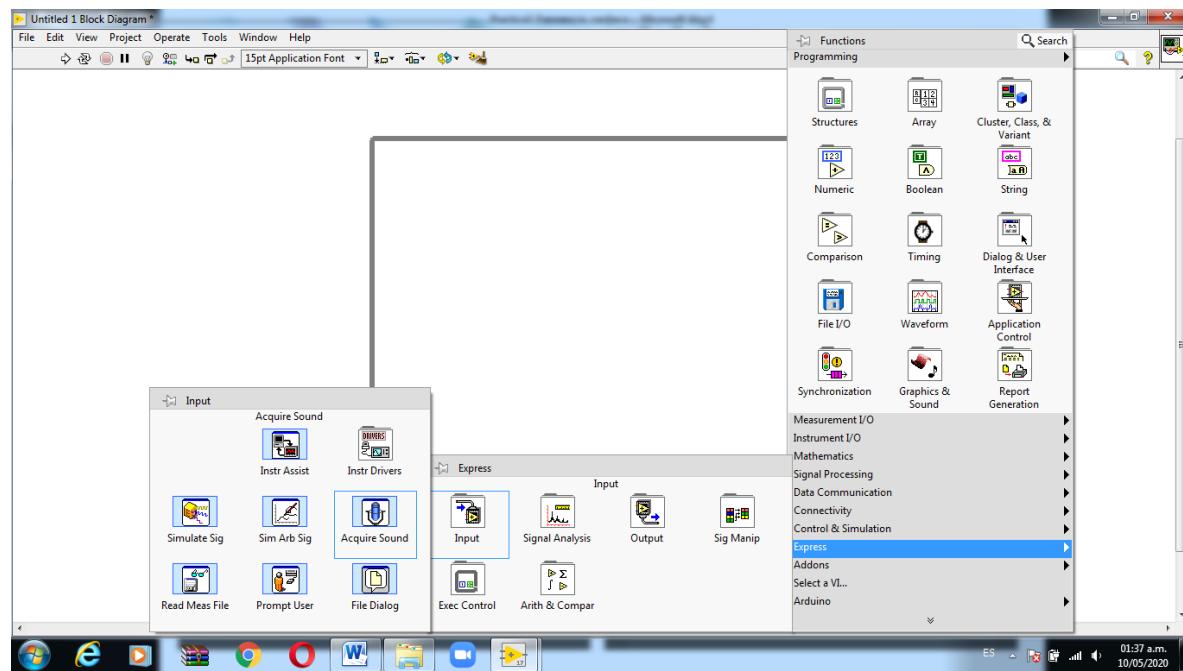
3.-Maximizar la pantalla del diagrama a bloques, con el botón derecho dar click sobre ella y aparecerá un menú, seleccionar **Express** y en los submenús **Exec Control** y dentro de este **While loop**, este nos define que el programa tendrá un loop, osea que se ejecutara continuamente de acuerdo al tiempo que definamos y no se ejecute solo una sola vez.



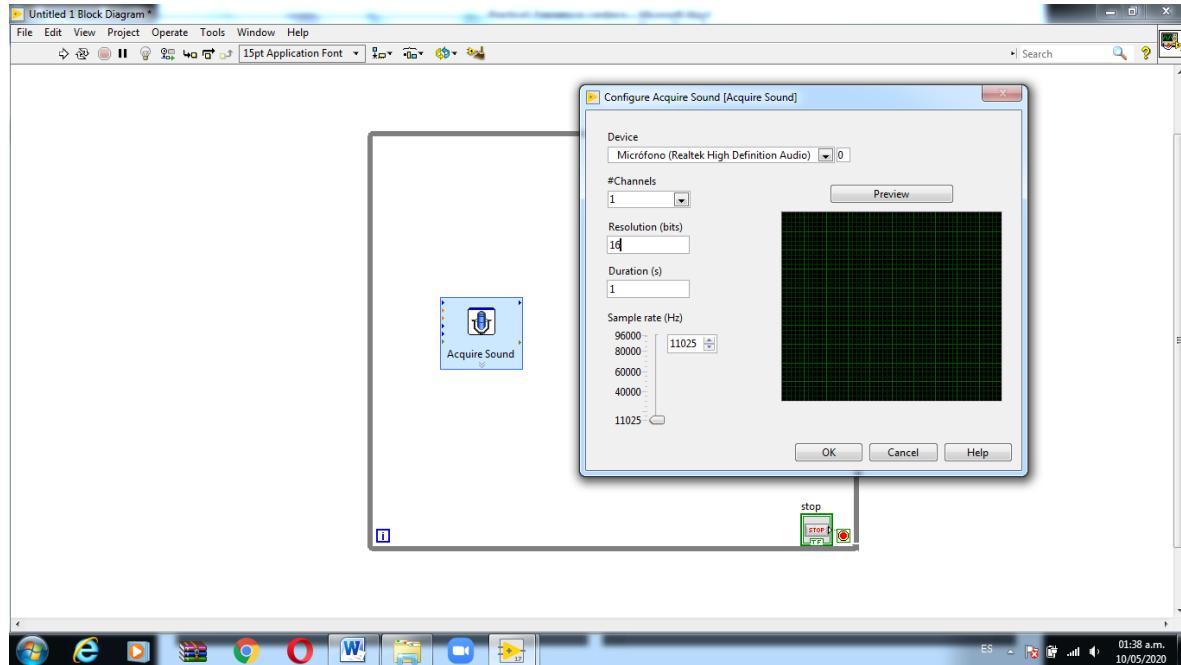
4.- Aquí se aprecia el cuadro del loop, pueden modificar el tamaño solo haciendo click en el marco, al ser un VI express ya incluye un botón de paro, dentro de este cuadro estarán todos los elementos VI que queramos se ejecuten continuamente.



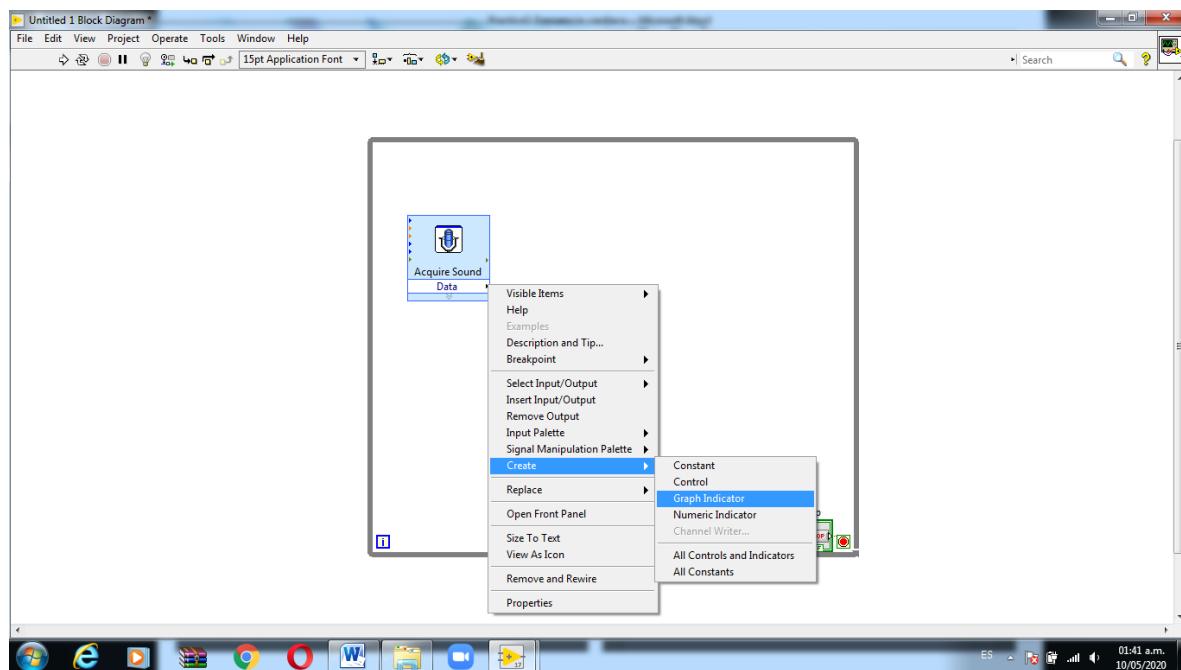
5.- Damos de nuevo click derecho, Express, submenú **Input** y **Acquire Sound**, este VI definirá que la adquisición será por medio de la entrada de micrófono.



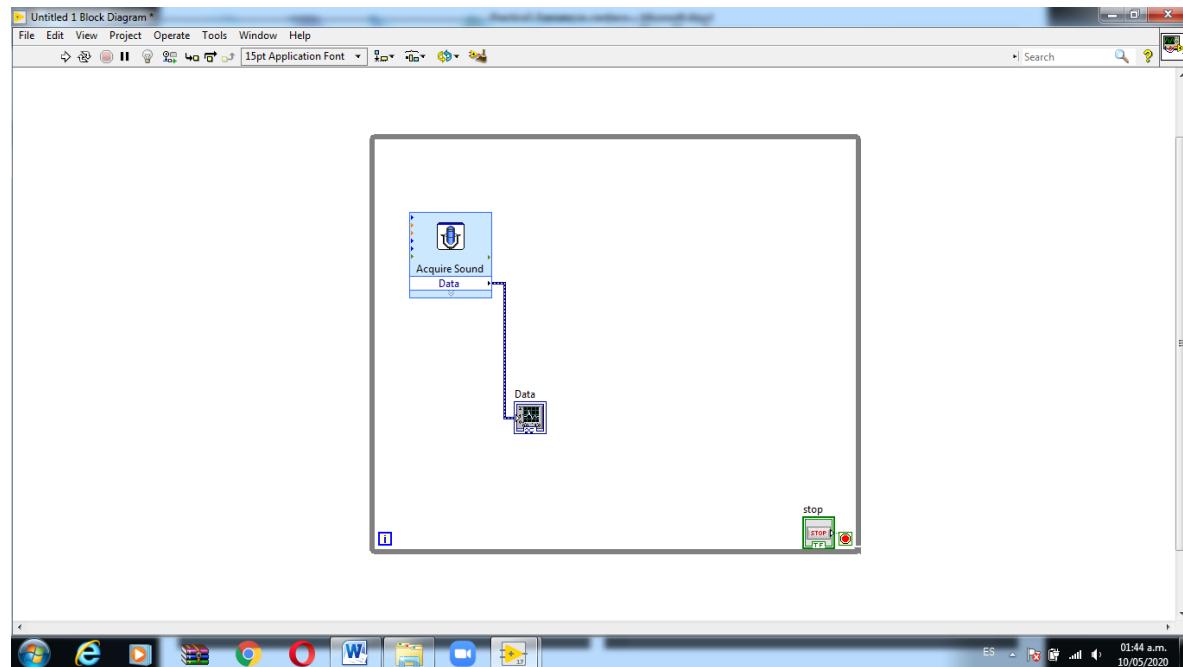
6.- Una vez seleccionado aparecerá una pantalla de opciones donde podemos seleccionar cuál de los micrófonos se usara (**el que registre su sistema cuando lo conecten**), canales que debe ser (**1**), resolución del CAD (**8 bits**) y la duración (**5 segundos**), o sea cuantos segundos capturara señal antes de procesarla.



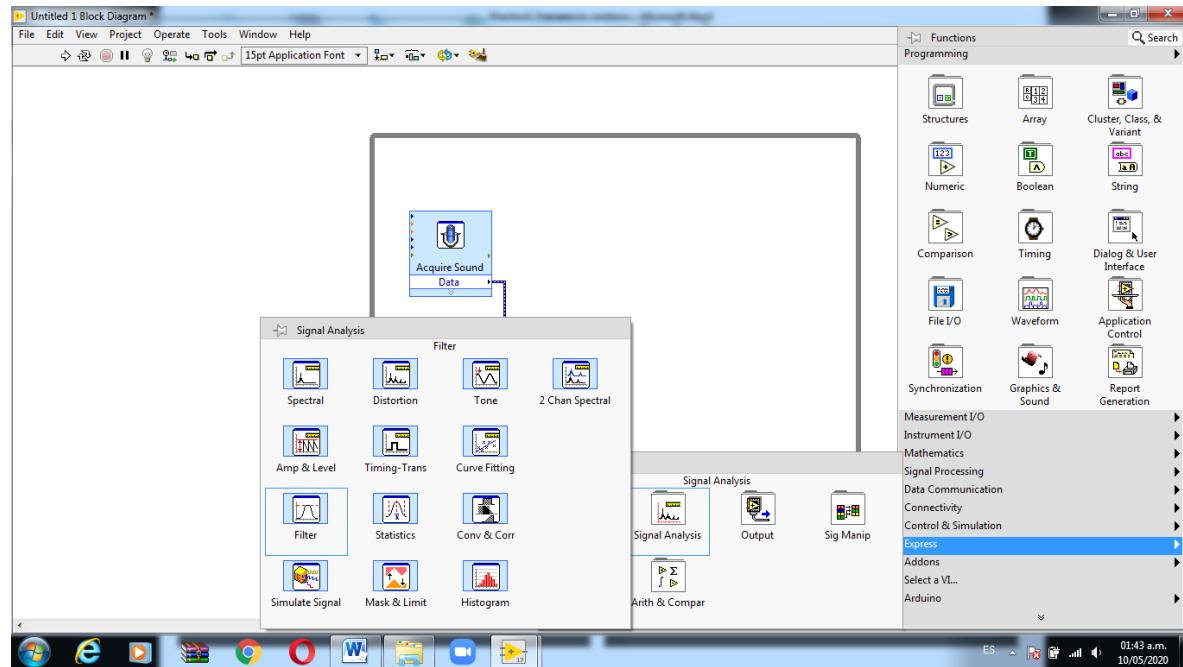
7.- Si posicionamos el cursor en la flecha al lado de **DATA** aparecerá un submenú, damos **Create** y **Graph Indicator**, esto definirá un graficador o desplegado que será visible en nuestro panel de instrumentos.



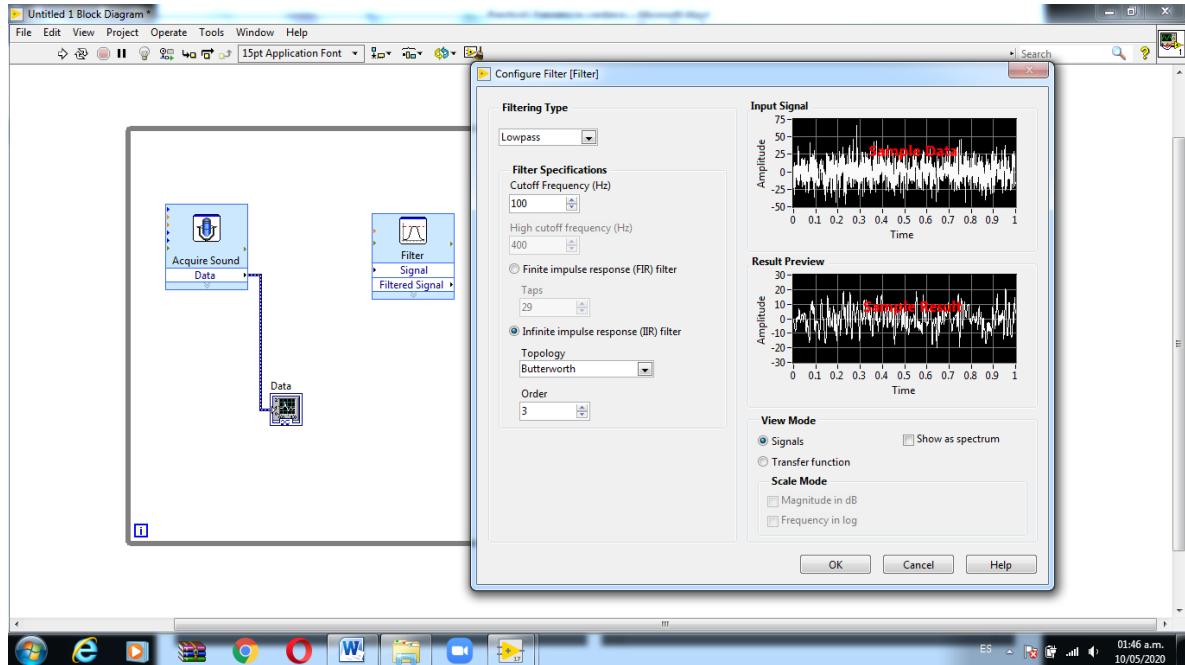
8.- En automático creara un alambre o conexión, lo que quiere decir que los datos obtenidos serán desplegados en una gráfica, similar a un osciloscopio.



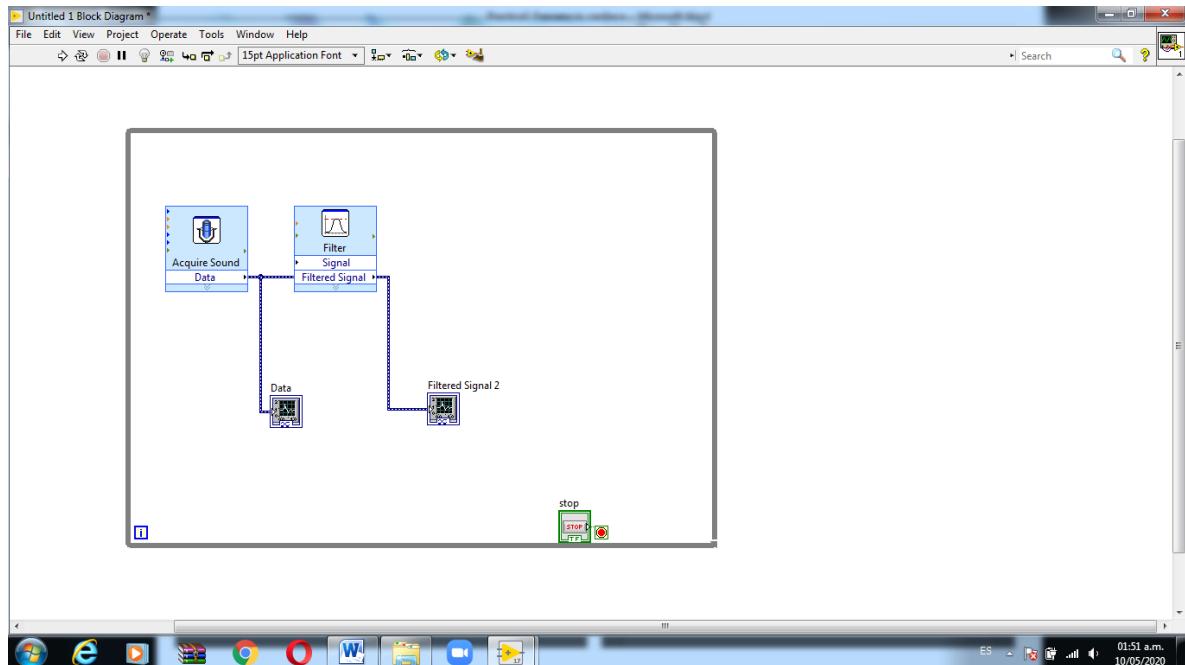
9.- Damos Click botón derecho, **Express**, **Signal Analysis**, y **Filter**, con ello definimos que usaremos un filtro para procesar la señal adquirida en la etapa de micrófono.



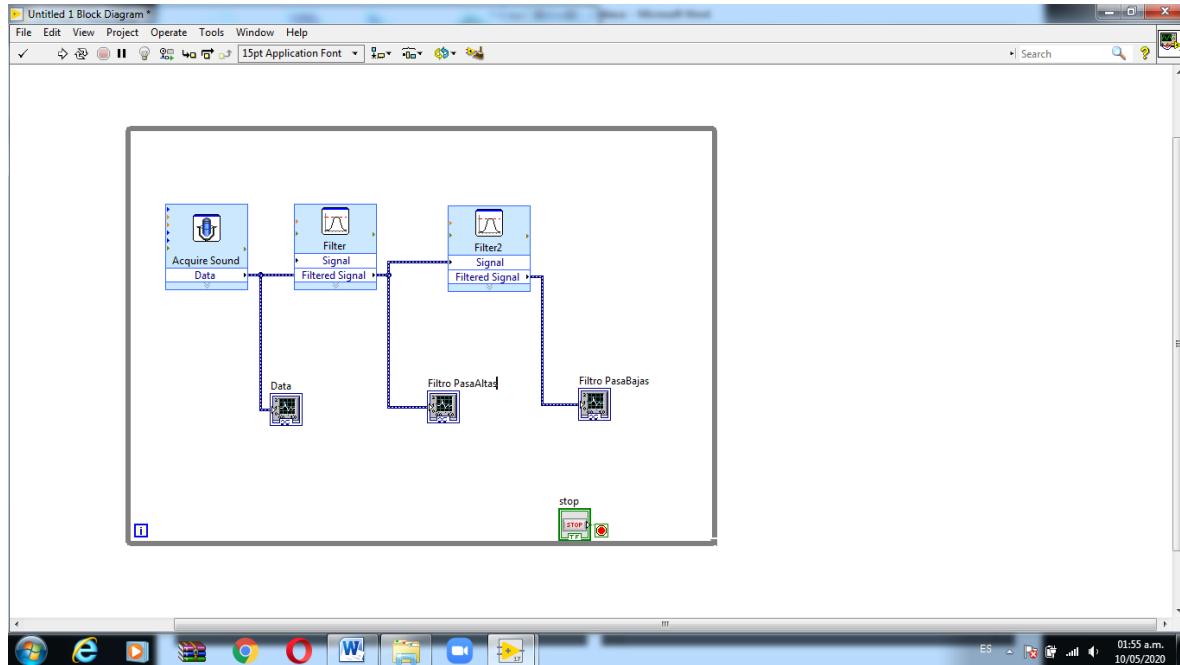
10.- Al igual que en Acquire Sound se despliega los parámetros a modificar de nuestro filtro, debe ser pasa altas, frecuencia de corte pues de momento **0.3 Hertz**, tipo **Butterworth** y el orden **1**, si se fijan son pocas las opciones de filtro, para usar filtros más complejos tenemos que crear un VI con elemento estándar.



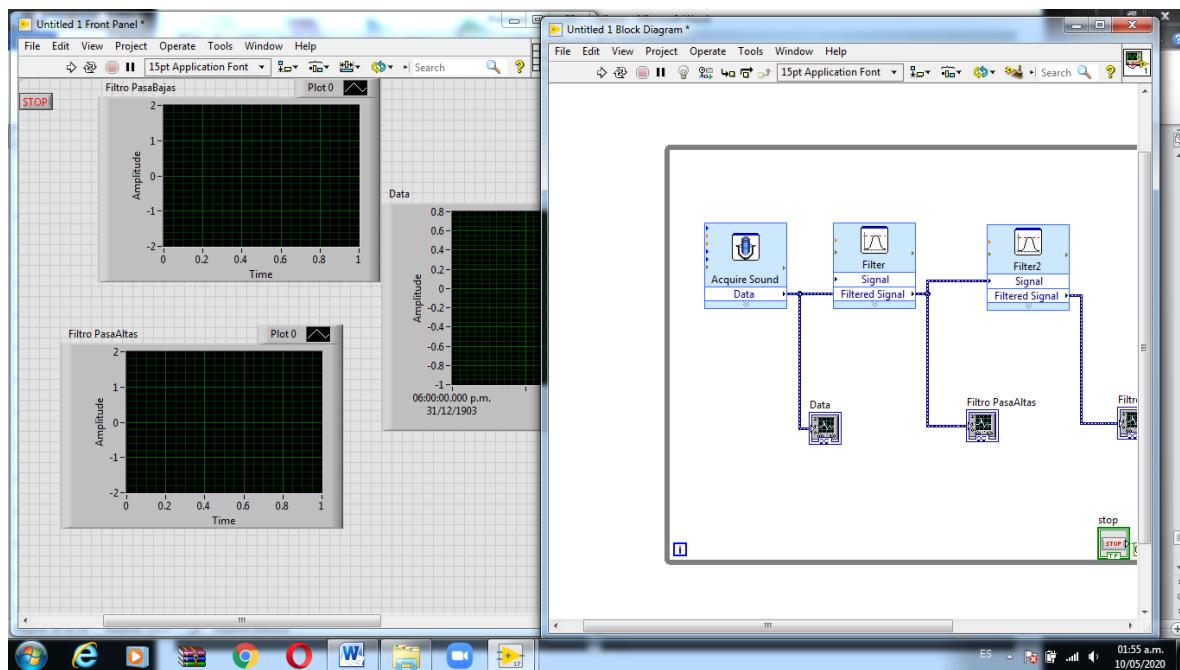
11.- Y como en el caso del primer VI seleccionar la flecha de Filtered Signal y adicionar un desplegado grafico para la señal con el primer filtro.



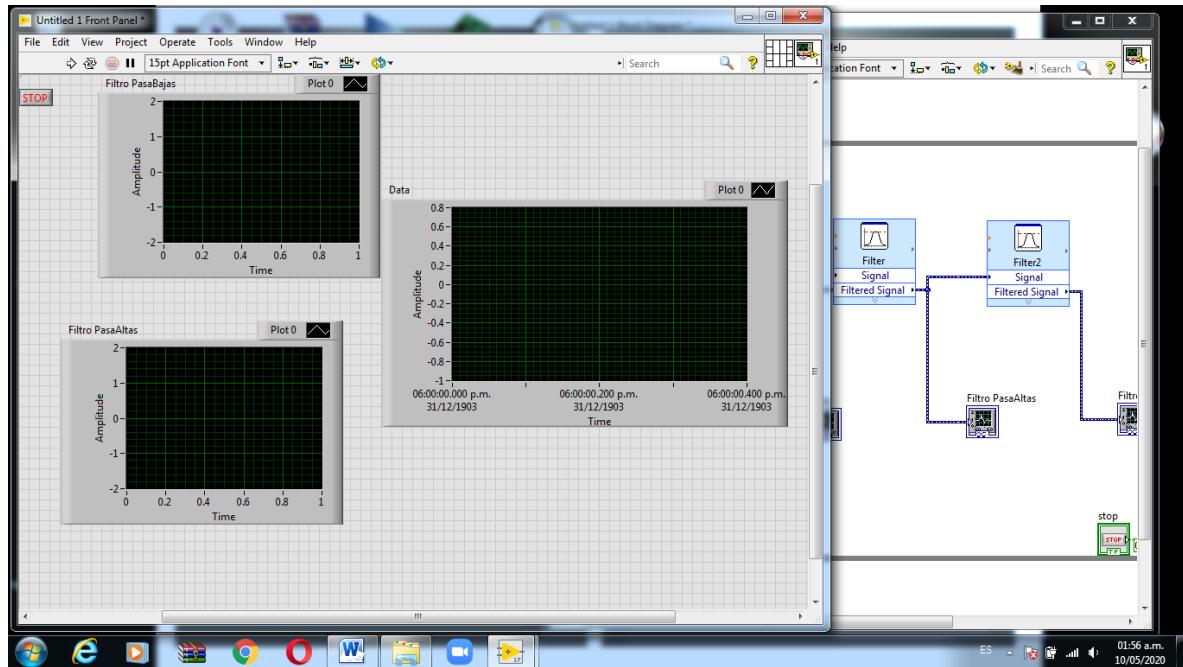
12.- Y repetimos los mismos pasos para un segundo filtro el que será pasa bajas de **3 a 5 Hertz**, **Butterworth** y de orden 1, claro está con su graficador. Probar en ese rango de frecuencias para que puedan ajustar su filtro, pueden ajustarlo inclusive en fracciones de Hertz por ejemplo 3.5 hertz



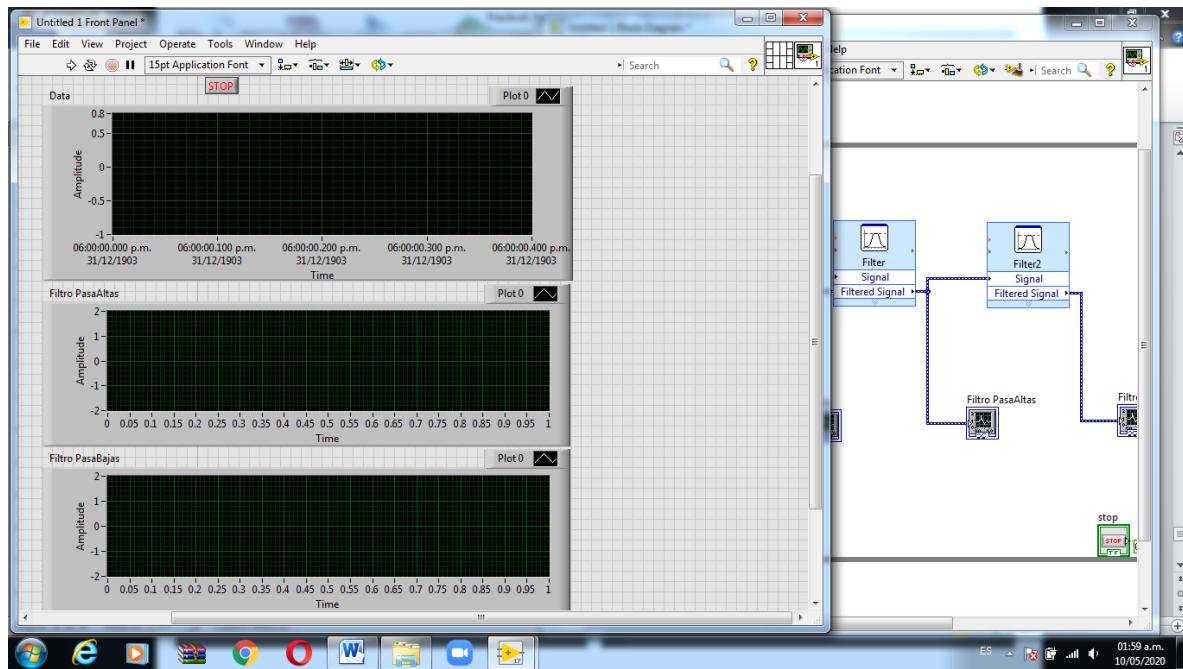
13.- Ahora reduzcamos la ventana de diagrama de bloques y veremos los tres instrumentos graficadores, incluyendo el botón de paro del loop.

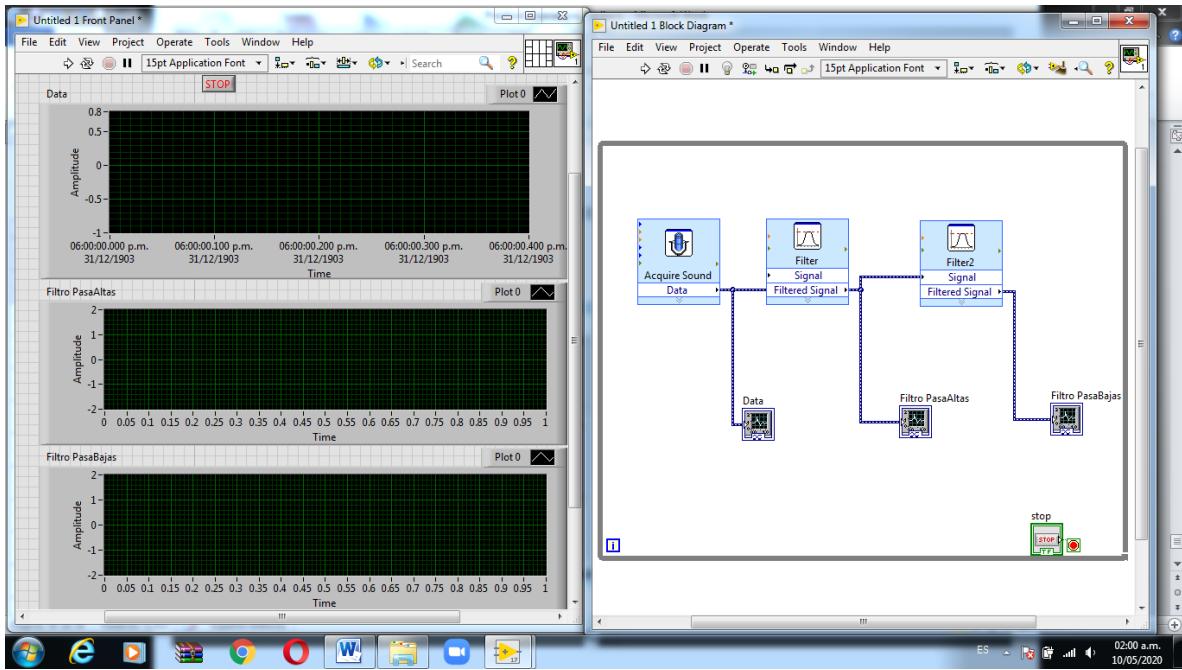


14.- Seleccionamos el panel frontal y ahora tenemos visual de los tres instrumentos y el botón de paro, pueden cambiar tamaños y posición de los elementos graficadores.

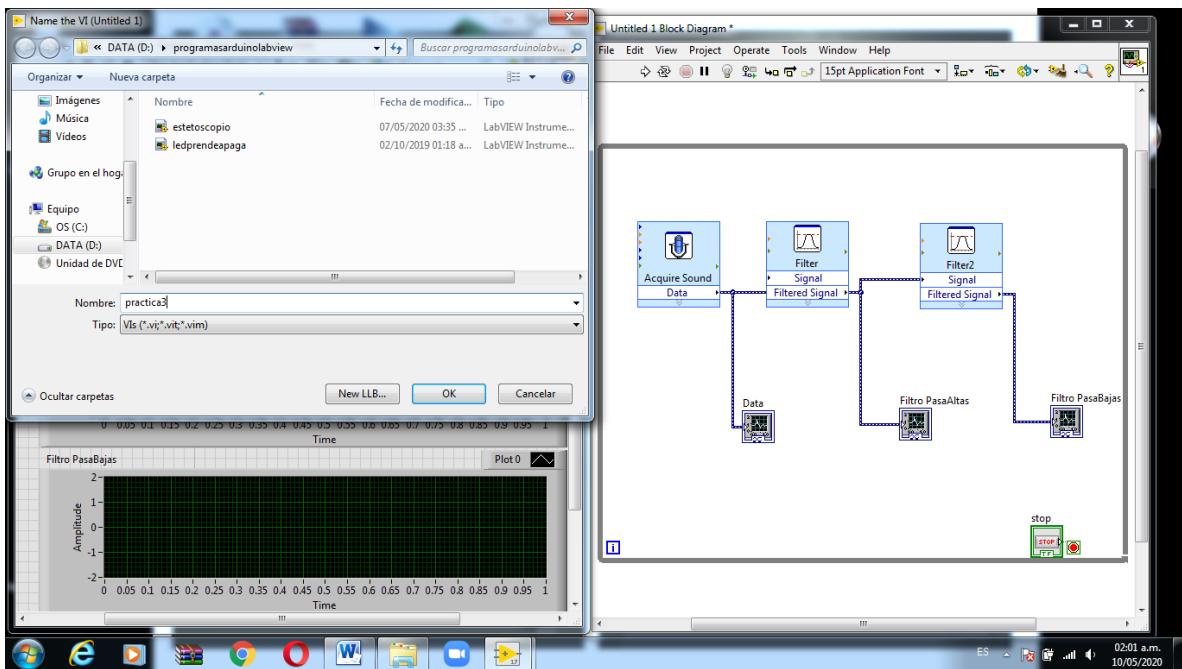


15.- Los graficadores ya acomodados y ajustado sus tamaños.

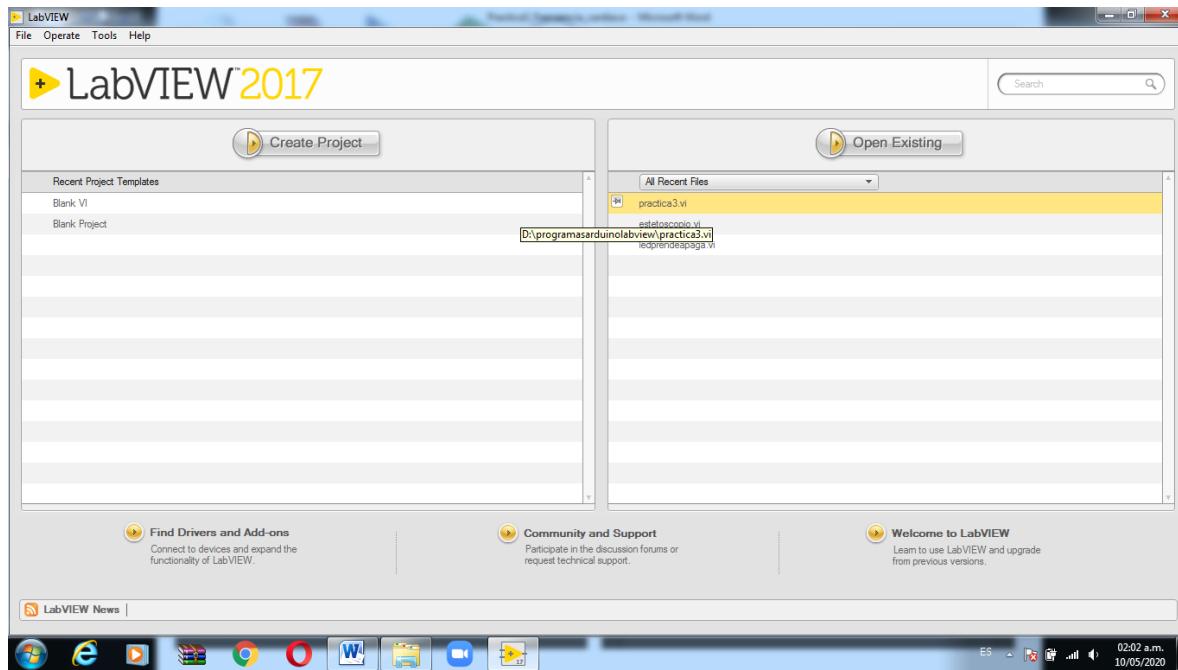




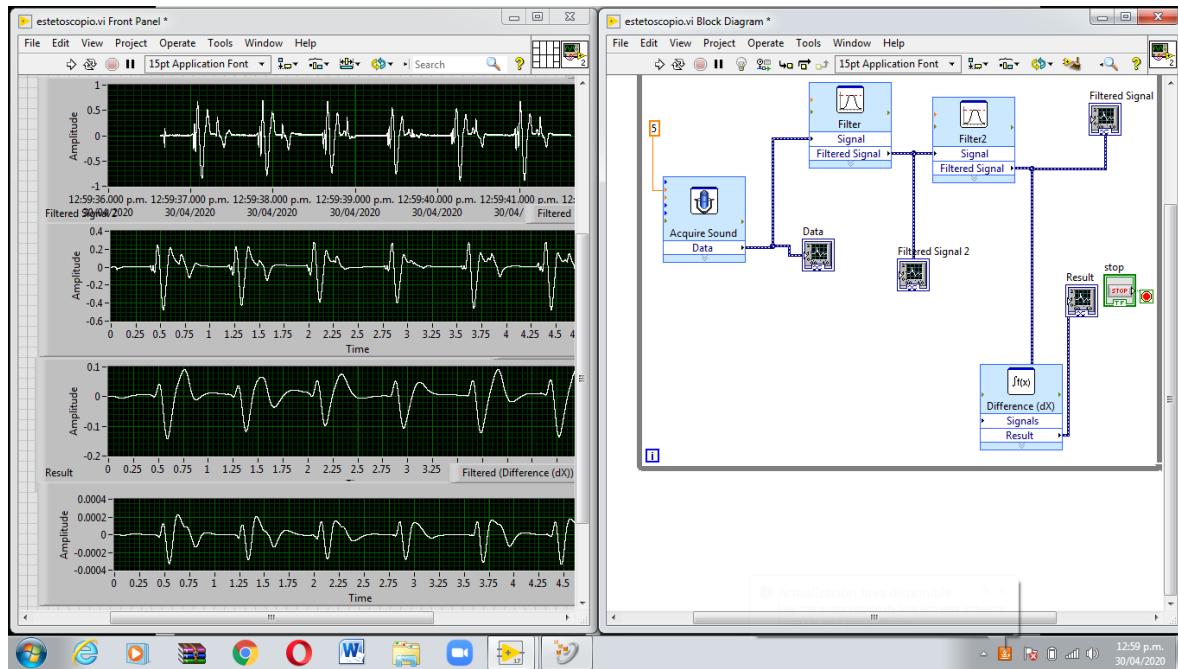
17.- Seleccionamos guardar proyecto, lo nombramos, yo le puse “practica3”, y este se guardara con la extensión VI.



18.- Ahora cada vez que quieran abrir su proyecto aparecerá esta pantalla y podrán seleccionarlo directamente y hacer los cambios respectivos necesarios.



19.-Finalmente estará listo su programa y faltara que prueben su sonda, yo les muestro la siguiente pantalla donde aprecian mi programa de prueba como en el video y las tres gráficas, , entrada primer filtro, segundo filtro y un procesamiento matemático con su resultante,, optimicen los parámetros de filtro para mejorar su visualización.



Ahora queda probar su sonda y obtener las señales similares a la anterior recuerden los ajustes y parámetros de los filtro los deben ajustar para un óptimo funcionamiento.

Cualquier cosa estoy a sus órdenes y manos a la obra, espero sus resultados.