

**INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE OCCIDENTE**

**Departamento de Matemáticas y Física**

**Desarrollo tecnológico y generación de riqueza sustentable**

**PROYECTO DE APLICACIÓN PROFESIONAL (PAP)**

**Programa de apoyo a la investigación y desarrollo en nanociencias y nanotecnología**



**ITESO**  
Universidad Jesuita  
de Guadalajara

**4I03 Dispositivos médicos nanoestructurados**

**Circuito de lectura: Diseño de un circuito amplificador con filtros para una respuesta de frecuencia precisa**

**PRESENTAN**

Ing. Electrónica. Oscar Eduardo Navarro Torres

Ing. en Nanotecnología. Emmanuel Abatí Gómez Aceves

Profesores PAP: Dra. Yenni Velázquez Galván / Dr. Esteban Martínez Guerrero

Tlaquepaque, Jalisco, mayo de 2023

# ÍNDICE

## Contenido

REPORTE PAP .....	2
Presentación Institucional de los Proyectos de Aplicación Profesional .....	2
Resumen .....	3
1. Introducción.....	4
1.1. Objetivos.....	4
1.2. Justificación.....	5
1.3 Antecedentes.....	6
1.4. Contexto .....	6
2. Desarrollo .....	7
2.1. Sustento teórico y metodológico .....	7
2.2. Planeación y seguimiento del proyecto .....	8
3. Resultados del trabajo profesional.....	10
4. Reflexiones del alumno o alumnos sobre sus aprendizajes, las implicaciones éticas y los aportes sociales del proyecto .....	15
5. Conclusiones.....	20
6. Bibliografía.....	20
Anexos (en caso de ser necesarios) .....	21

## REPORTE PAP

### Presentación Institucional de los Proyectos de Aplicación Profesional

Los Proyectos de Aplicación Profesional (PAP) son una modalidad educativa del ITESO en la que el estudiante aplica sus saberes y competencias socio-profesionales para el desarrollo de un proyecto que plantea soluciones a problemas de entornos reales. Su espíritu está dirigido para que el estudiante ejerza su profesión mediante una perspectiva ética y socialmente responsable.

A través de las actividades realizadas en el PAP, se acreditan el servicio social y la opción terminal. Así, en este reporte se documentan las actividades que tuvieron lugar durante el desarrollo del proyecto, sus incidencias en el entorno, y las reflexiones y aprendizajes profesionales que el estudiante desarrolló en el transcurso de su labor.

## Resumen

Este proyecto de investigación abarca múltiples etapas, que involucran la fabricación de nanoestructuras magnéticas mediante electroquímica y la caracterización de sus propiedades estructurales, composición química y magnéticas. Además, se lleva a cabo el diseño experimental para sintetizar compuestos con propiedades piezoeléctricas y se estudian sus propiedades eléctricas. Para este semestre se decidió buscar un grupo de estudiantes que sean capaces de diseñar un circuito de lectura electrónico que pueda modificar la frecuencia de salida de sensor piezoeléctrico.

El objetivo de este equipo fue iniciar con la parte electrónica de este proyecto, ya que se busca controlar los impulsos eléctricos generados por el por medio de un estímulo mecánico del compósito piezoeléctrico desarrollado por los demás equipos. La metodología que se siguió consta de diversas etapas. En primer lugar, hubo una investigación acerca de la problemática de estudio y como la han abordado diferentes expertos del tema. Posteriormente, se realizaron simulaciones para observar el comportamiento de la señal de entrada y de la respuesta deseada bajo un entorno controlado mediante etapas de amplificación y filtrado. Una vez que se diseñó un circuito con una respuesta en frecuencia ideal, es decir, sin pérdidas de voltaje y sin ruido, se realizó la implementación del circuito en una tarjeta de prueba/protoboard donde se evaluó el comportamiento real del dispositivo mediante el osciloscopio y sobre las respuestas obtenidas se corrigieron, errores y fueron cambiando los circuitos hasta llegar al modelo final que es más preciso.

El último paso fue la elaboración del prototipo de un diseño de PCB, que permitirá en futuras etapas enfocarse en la caracterización de la misma, incluyendo el cuidado de los espacios y de las especificaciones necesarias.

## 1. Introducción

### 1.1. Objetivos

Objetivo general del curso:

El objetivo general de este proyecto es diseñar y desarrollar un circuito de lectura eficiente para adquirir y procesar señales eléctricas generadas por materiales piezoeléctricos con nanoestructuras, con el fin de mejorar la eliminación del ruido y la amplificación de la señal. Para lograr este objetivo, se requiere aplicar conocimientos teóricos y prácticos en el análisis de circuitos, uso de amplificadores y filtros, lectura de datasheets, diseño de esquemáticos y circuitos en PCB, entre otros, con el fin de crear un circuito de alta calidad que pueda ser utilizado en aplicaciones médicas e industriales.

Objetivos específicos de nuestro equipo:

- Realizar una revisión bibliográfica sobre el simulador y circuitos de lectura.
- Simular el comportamiento teórico del circuito.
- Implementar el circuito en una protoboard.
- Analizar las señales del circuito y reducir componentes para su mejoramiento.
- Diseñar el circuito en una PCB.
- Crear el BOM con las partes requeridas para la construcción del circuito.
- Soldar los componentes a la PCB.
- Verificar el comportamiento esperado de la señal del circuito.

## 1.2. Justificación

La unión de nanoestructuras en materiales piezoeléctricos es una emocionante oportunidad para mejorar significativamente las propiedades de estos materiales y desarrollar nuevos dispositivos con propiedades únicas. Este enfoque de investigación tiene un gran potencial para impulsar avances significativos en la tecnología y mejorar la calidad de vida humana. Los materiales piezoeléctricos se utilizan en una amplia variedad de aplicaciones, desde sensores ultrasónicos hasta actuadores y transductores. Estos materiales tienen la capacidad de transformar la energía mecánica en energía eléctrica y viceversa, lo que los hace ideales para su uso en aplicaciones médicas, como en la creación de equipos de ultrasonido, y también en aplicaciones industriales, como en la creación de sensores de vibración y sistemas de control de calidad.

Sin embargo, uno de los principales problemas de los materiales piezoeléctricos es que al obtener la energía del movimiento, generan energía muy poco estable que acarrea demasiado ruido del ambiente. Por lo tanto, es necesario estabilizar la señal y eliminar el ruido para su correcto funcionamiento. Es ahí donde entran los circuitos de lectura, que permiten la adquisición y procesamiento de las señales eléctricas generadas por los materiales piezoeléctricos.

Los circuitos de lectura son fundamentales en aplicaciones que requieren la detección y medición precisa de señales eléctricas de baja amplitud, como los sensores de vibración y los equipos de ultrasonido médicos. Estos circuitos se encargan de amplificar y filtrar las señales eléctricas de salida del material piezoeléctrico para reducir el ruido y mejorar la resolución y precisión de la medición.

En este proyecto, se busca desarrollar un circuito de lectura eficiente y de bajo ruido para mejorar la adquisición de señales eléctricas generadas por materiales piezoeléctricos con nanoestructuras, por lo cual es necesario tener un conocimiento técnico profundo y una cuidadosa selección de componentes para garantizar el rendimiento y la fiabilidad de estos sistemas. Con la implementación de este circuito de lectura se espera poder crear dispositivos más precisos y sensibles en aplicaciones médicas e industriales. Además, se espera que los

avances en este campo de investigación puedan contribuir significativamente al desarrollo de tecnologías más eficientes y a una mejor calidad de vida humana.

### 1.3 Antecedentes

En la actualidad, el avance de la tecnología ha impulsado a la electrónica a la necesidad de ir reduciendo su tamaño mientras que mejora su rendimiento, esto hace que con el tiempo cada componente necesite una menor cantidad de energía para su funcionamiento. Esto hace que sea impráctico el uso de baterías convencionales para su funcionamiento, haciendo más útil el cosechar energía limpia del medio ambiente. (Wang, 2013)

En el ITESO se busca crear un sistema de medición de parámetros médicos poco invasivo, el cual será potenciado por un sistema de recolección de energía magneto-mecano-eléctrico (MME). Este sistema cuenta con un composito piezoeléctrico el cual será parte de los generadores de energía, por lo que es necesario poder mejorar y analizar su salida de tal forma que pueda ser utilizada para darle energía al sistema.

Uno de los problemas que puede presentar este sistema es el hecho de que el piezoeléctrico no genera un voltaje estable, además que este presenta demasiado ruido, es por eso que se le aplica un amplificador operacional capaz de eliminar y sustraer las señales de otros lados los cuales se agregarían de forma diferencial al amplificador, a la vez de que aumenta la amplitud de la señal del voltaje que nos da el piezoeléctrico. (Manzaneque et al., 2014)

Los sistemas MME han demostrado ser capaces de utilizarse tanto como sensores de campo magnético con gran precisión y recolectores de energía bastante eficaces cuando se les suma sus capacidades de obtención de energía mecánica y magnética, pero estos sistemas de recolección a su vez requieren de un sistema de rectificación para poder utilizarse para la carga de baterías puesto que su señal de salida puede tener gran impedancia además de requerir hacerlo de corriente directa. (Kambale et al., 2014)

### 1.4. Contexto

Tanto en México como a nivel mundial, existen diversos proyectos de investigación en torno a la síntesis y caracterización de nanoestructuras y materiales piezoeléctricos, este campo ha

estado en constante crecimiento en las últimas décadas, impulsada por la demanda de materiales avanzados para aplicaciones en diversas áreas de la tecnología y la ciencia, como la medicina, la electrónica y la energía. Además de la necesidad de encontrar soluciones sostenibles y respetuosas con el medio ambiente también han sido factores que influyen para su estudio.

Los MME es un transductor de 3 variables que pueden ser reversibles, es decir, nos dan la facilidad de poder controlar la salida que se quiera, al aplicar como entrada alguno de los otros 2 parámetros que estos materiales utilizan, y puesto que este transductor es capaz de obtener la energía del medio ambiente por energy harvesting es una potencial solución a la búsqueda de materiales que nos den energía de manera sostenible. (Shishesaz et al., 2018)

Estos tipos de transductores tienen la facilidad de poder modificar la salida a cualquiera de los 3 mismos estímulos de entrada siendo de forma más común el obtener energía tanto de los campos magnéticos como los movimientos mecánicos para obtener una respuesta de voltaje. Pero esto mismo conlleva a que la salida de voltaje tenga una alta impedancia que por lo que si se quiere utilizar para darle energía a sistemas que requieran una potencia considerablemente grande es necesario utilizar un sistema de seguidor de voltaje y que además entre en los rangos de voltajes deseados.

## 2. Desarrollo

### 2.1. Sustento teórico y metodológico

Tomando en cuenta lo requerido para obtener una buena señal de la salida del compuesto es necesario primeramente aumentar la señal que este da, haciendo más fácil su lectura y reduciendo las fallas que el sistema de lectura pueda tener por ser una señal muy pequeña, esto se puede resolver aplicando un amplificador instrumental similar al utilizado por Manzanque et al. 2018 que nos dará una ganancia de la señal original.

Posteriormente a esto se es necesario aplicar varios filtros para poder eliminar todo el ruido que pueda tener el sistema, ya sea por las fuentes o por el medio ambiente.

## 2.2. Planeación y seguimiento del proyecto

- Descripción del proyecto

Se plantea crear un circuito integrado el cual sea capaz de eliminar el ruido de entrada y amplificar la salida del piezoeléctrico para mejorar y facilitar el obtener mediciones, el cual consta de 4 etapas, un amplificador de señal que mejorara la salida llevandolo a un voltaje util para sistemas comunes, un filtro pasa bajas que se encargara de eliminar las frecuencias altas, un filtro pasa altas que eliminara las frecuencias demasiado pequeñas, y un filtro notch que se encargará de eliminar la frecuencia del ruido característico de las fuentes de voltaje, dejando la señal con un rango considerable de frecuencia y eliminando todo ruido considerable.

- Plan de trabajo

- Semana 1: Investigación de posibles circuitos útiles y funcionamiento de estos.
- Semana 2: implementación de circuito en simulador para ver posibles resultados.
- Semana 3: acondicionamiento de simulación y mejora.
- Semana 4: diseñar prototipo de circuito en protoboard para pasar a simulaciones reales.
- Semana 5: prueba de circuito con señal controlada.
- Semana 6: reacondicionamiento de circuito para arreglar posibles errores.
- Semana 7: prueba de circuito con señal real de sistema completo para comprobar su funcionamiento
- Semana 8-12: replanteamiento y pruebas de circuito analizando sus errores.
- Semana 13: diseño de circuito en PCB.

- Desarrollo de propuesta de mejora

Se comenzó estableciendo un sistema de amplificador instrumental sencillo con un amplificador inversor para revertir la señal que el instrumental voltearía, y un par de

filtros para eliminar tanto el ruido de baja frecuencia como el de alta frecuencia, el cual fue simulado en TINA-TI como se muestra en la figura 1.

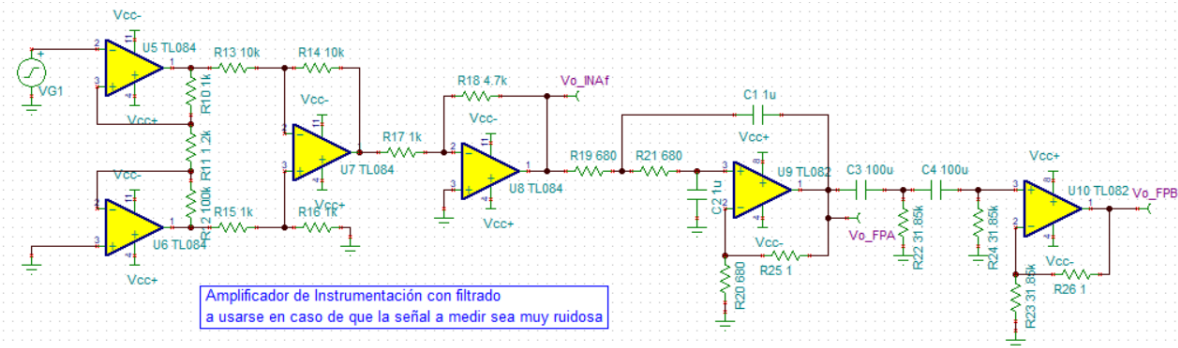


Figura 1 Simulación de sistema amplificador para lectura de señal de piezoeléctrico

Posteriormente se fue alterando este sistema para que el amplificador operacional fuera más genérico, ajustando el valor de las resistencias y capacitores para que no se sobresaturara con tanta facilidad y acomodando las etapas posteriores según se necesitara dando la simulación de la figura 2.

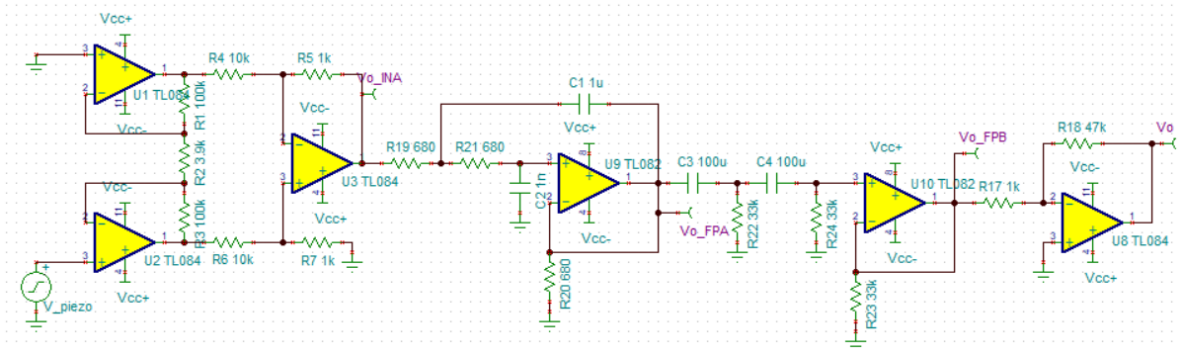


Figura 2 Ajuste de simulación

Una vez que la simulación diera datos congruentes se comenzó a implementar el circuito en una protoboard para ver su respuesta real y se fue ajustando conforme fallaba. Una vez que el amplificador mostrado en la figura 3 funcionó se comenzó a rediseñar los filtros para que estos eliminaran el ruido deseado. Finalmente se comenzó a diseñar el PCB para tener el circuito en una placa final.

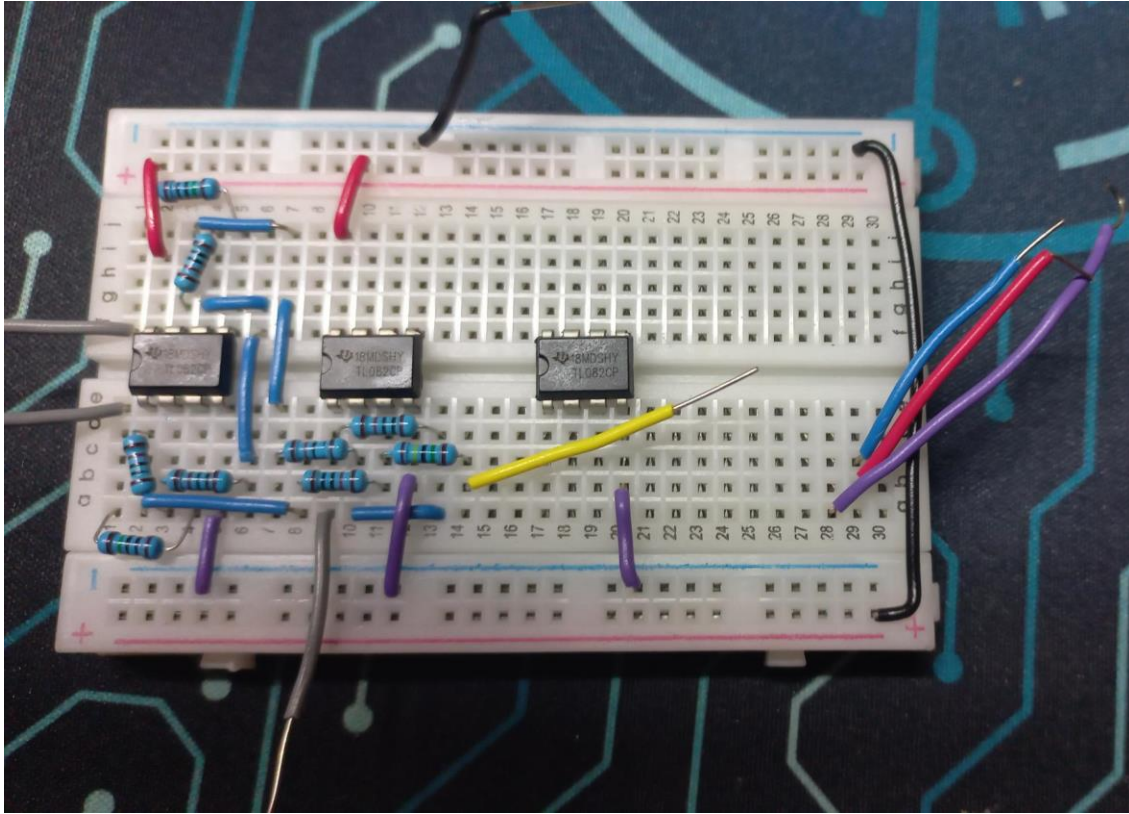


Figura 3 Amplificador instrumental final para pruebas

### 3. Resultados del trabajo profesional

El circuito de lectura (figura 2) implementado en TINA el cual está conformado por una etapa de amplificación, otra de filtrado de frecuencias de baja frecuencia y otra de señales de alta frecuencia.

Estuvimos variando los valores de los capacitores y las resistencias hasta que obtuvimos una señal amplificada la cual no se saturaba y que tiene un gran margen de amplitud, ya que tenemos una señal de entrada de 300mV que obtenemos de nuestro sensor y después de la implementación del circuito anterior podemos observar cómo obtenemos una señal de salida de 1.2V. También podemos observar que en los primeros segundos tenemos una inestabilidad en el  $V_o$  y esto es un comportamiento típico de los circuitos electrónicos el cual es conocido como deriva temporal y en caso de generar problemas para la toma de datos se puede implementar una etapa digital para estabilizar la señal.

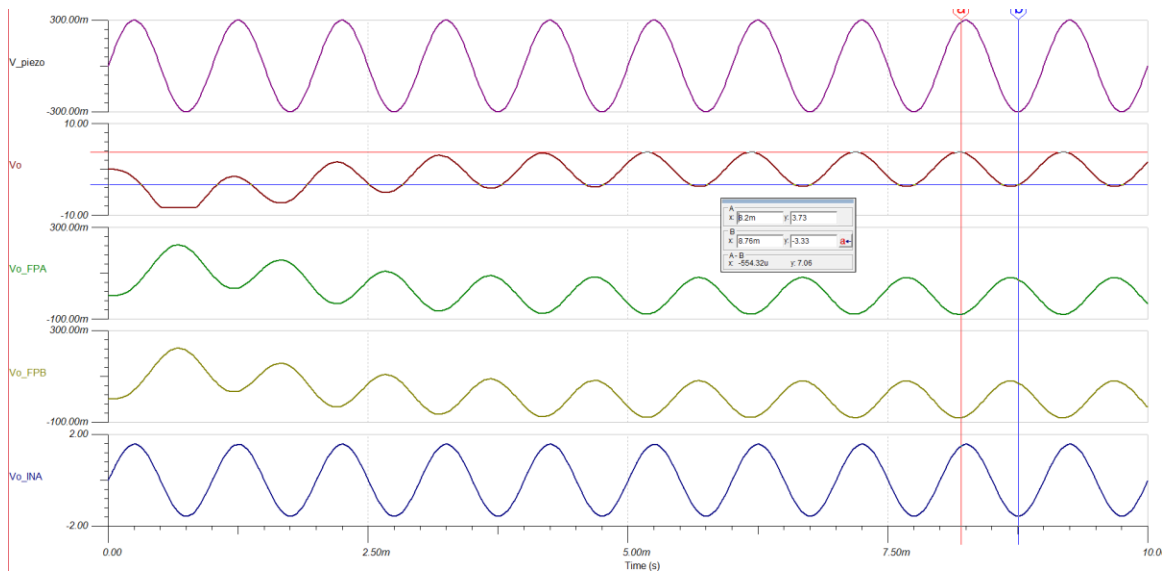


Figura 4 Respuesta de la señal de entrada y salida de cada seccion de la simulación.  $V_{piezo}$ : es la señal de entrada del circuito,  $V_o$ : es la señal de salida de todo el circuito,  $V_{o\_FPA}$ : señal de salida posterior al filtro pasa altas,  $V_{o\_FPB}$ : señal de salida posterior al filtro pasa bajas,  $V_{o\_INA}$ : señal de salida posterior al amplificador instrumental.

Una vez hecha la simulación procedimos a implementar el circuito en una protoboard (figura 5) ya que nos sirve para realizar pruebas y modificar conexiones, así como también remplazar componentes y probar distintas configuraciones de arquitecturas.

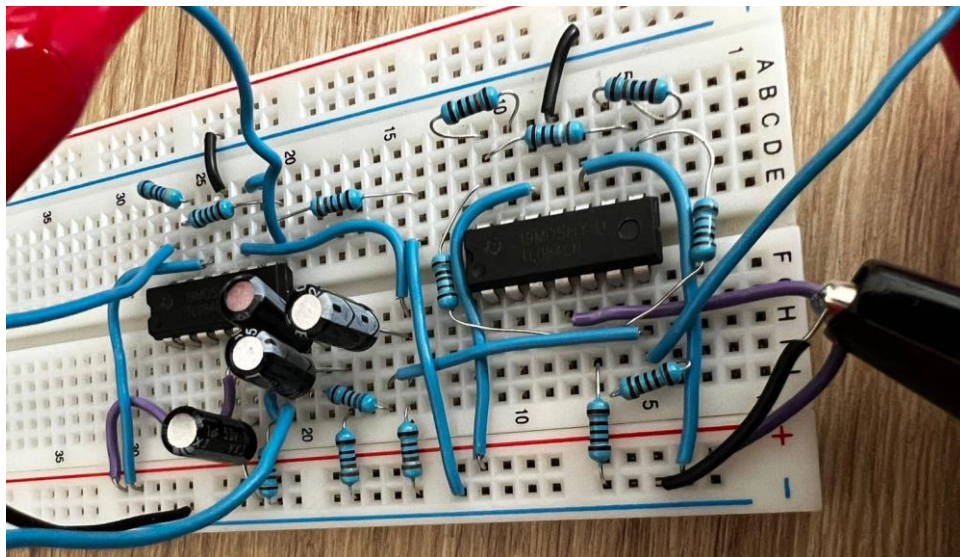


Figura 5 Circuito de lectura en protoboard

En la figura 6 y 7 podemos observar la entrada y salida de nuestro circuito, donde la salida está teniendo una inestabilidad la cual hace variar el voltaje entre los 900mV a 1.4V, esto es

algo que debe corregirse previo a la etapa de diseño de la PCB, pero por el momento nos sirve para pasar a las pruebas con el sensor y ver que obtenemos.

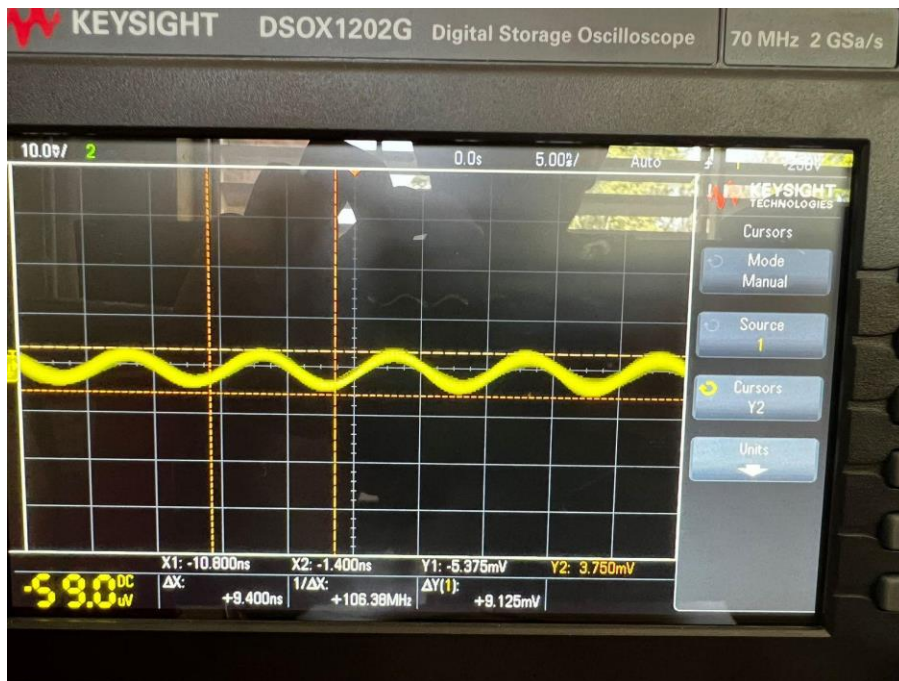


Figura 6 Señal de entrada experimental del circuito

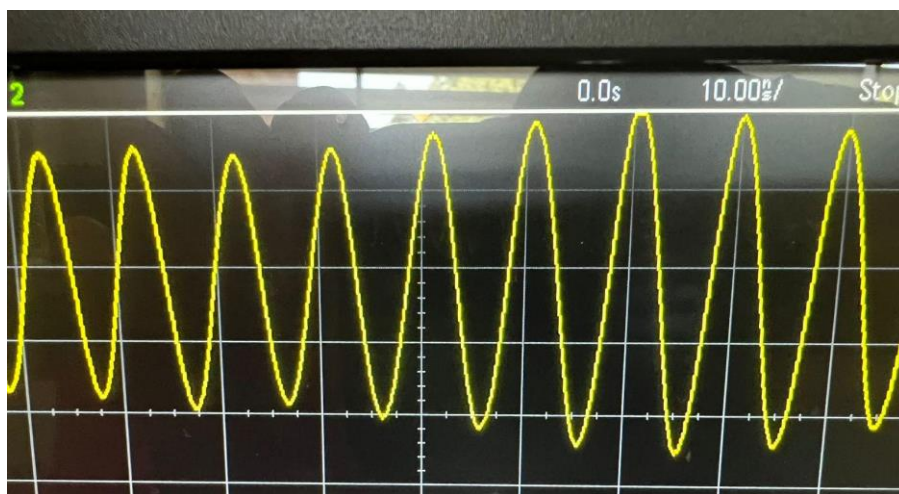


Figura 7 Señal de salida experimental del circuito

Estuvimos haciendo varias pruebas de implementación de nuestro circuito con el sensor del piezoeléctrico (figura 8), pero solo obtuvimos ruido por parte de la fuente de poder del laboratorio de OPTIMA, la solución es hacer pruebas con las fuentes en el laboratorio de electrónica para observar si hay algún cambio.



Figura 8 Pruebas fallidas hechas con el piezoelectrico en laboratorio de OPTIMA

Otra causa de error es que los filtros de lectura no están funcionando correctamente (figura 9), nos dimos a la tarea encontramos que la frecuencia del corte estaba muy recorrida hacia altas frecuencias, por lo que hay que cambiar los valores de los capacitores para bajar las frecuencias a los valores de señal de 40 Hz. Sabemos que nuestra frecuencia del corte estaba muy recorrida hacia altas frecuencias habrá que bajar las frecuencias a partir de una de señal de 1 Hz y para el filtro pasabajos buscaremos permitir el paso de las frecuencias más bajas y atenuar las frecuencias más altas a 150Hz, además de agregar un filtro notch que elimine las frecuencias de 60Hz

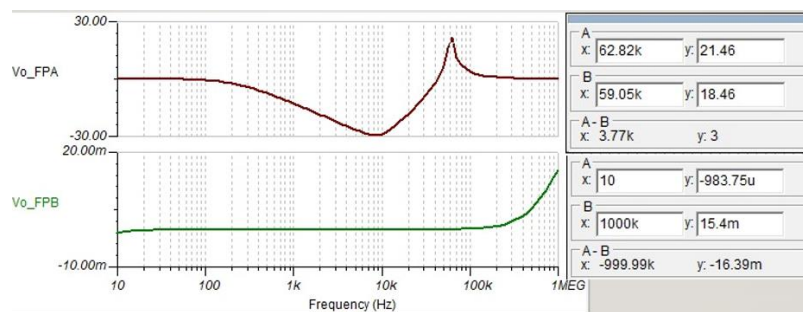


Figura 9 Diagramas de bode que muestran las frecuencias que deja pasar cada uno de los filtros fallidos

Mientras modificábamos los filtros, además volvimos a rehacer el circuito del amplificador (figura 10) para comprobar por partes si este tenía un error, y una vez obtenidas respuestas coherentes, lo probamos con el piezoelectrico el cual nos dio lecturas de alrededor de los 5V como punto máximo como se muestra en la figura 11.

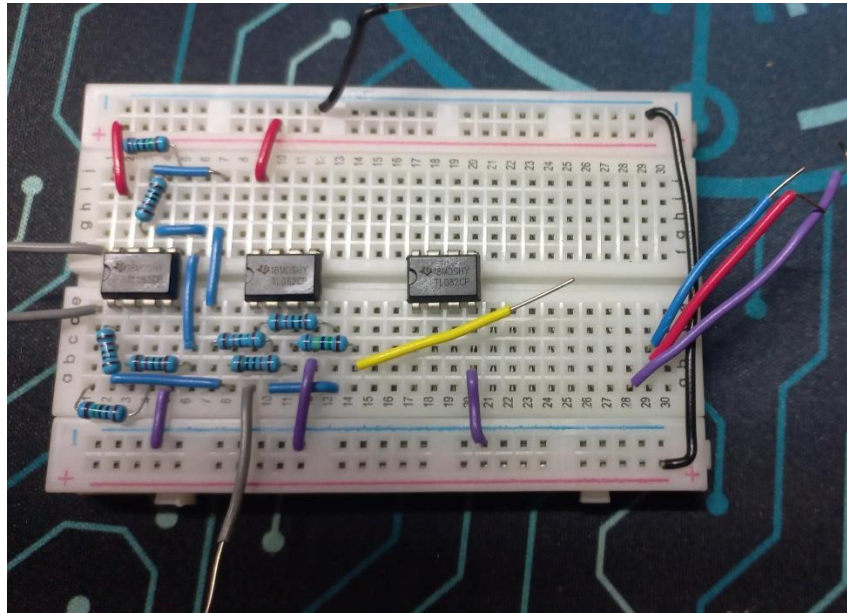


Figura 10 Rearmado de circuito amplificador de señal



Figura 11 Señal de piezoelectrico amplificada

Posteriormente se obtuvo una nueva simulación del sistema con los filtros ya exactos a lo requerido para eliminar el ruido (figura 12), además de un amplificador instrumental de alta precisión comercial el cual nos facilitaría la implementación así como nos reduciría el espacio necesario para la PCB.

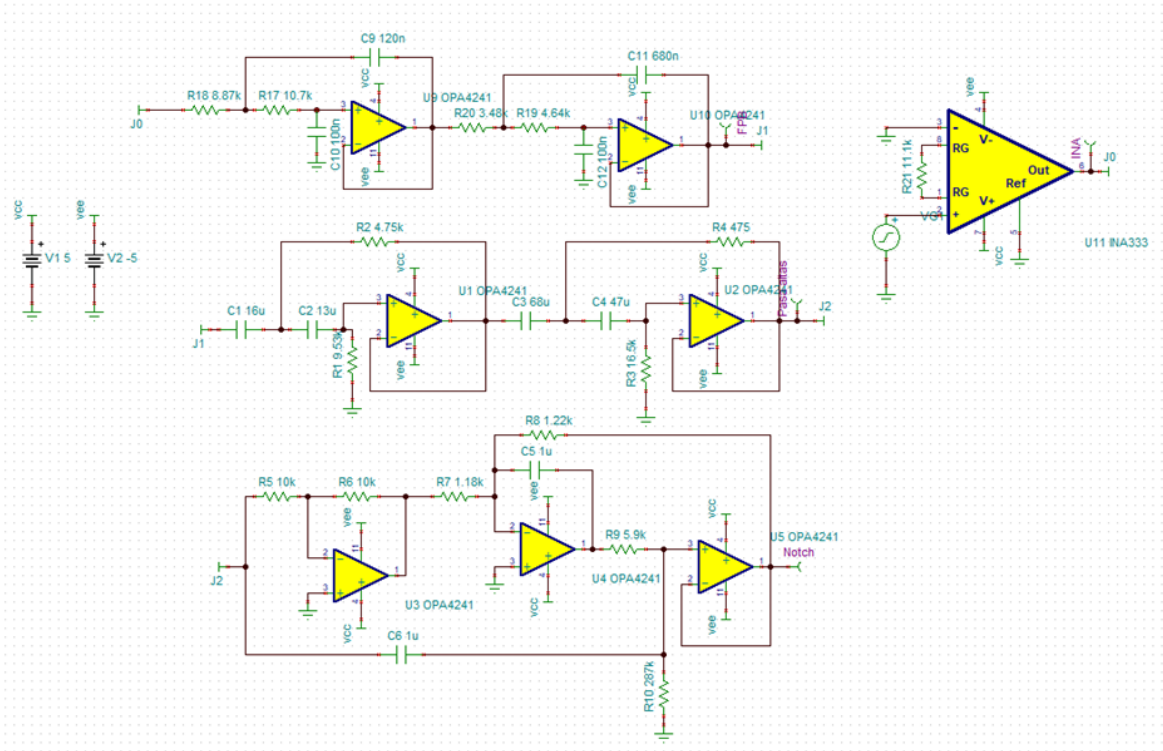


Figura 12 Simulación final del sistema ya optimizado

Finalmente se pasó a la implementación del mismo circuito en la aplicación de Eagle para poder pasar el sistema a un esquemático de PCB para crear el dispositivo final ya con componentes especializados con error mínimo y tamaño reducido como se muestra en la figura 13.

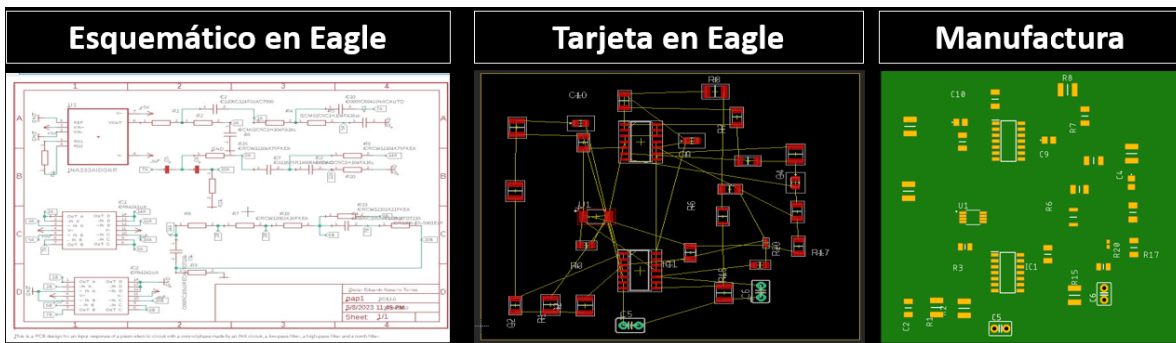


Figura 13 Sistema listo para su manufactura en tarjeta

#### 4. Reflexiones del alumno o alumnos sobre sus aprendizajes, las implicaciones éticas y los aportes sociales del proyecto

- Aprendizajes profesionales

Para la elaboración de este apartado, se pueden emplear las siguientes preguntas a manera de guía:

- ¿Cuáles fueron las competencias desarrolladas, tanto las genéricas como las propias de la profesión?

Como ingeniero electrónico debes tener la capacidad de diseñar y desarrollar circuitos electrónicos complejos para una variedad de aplicaciones, analizar circuitos en el dominio de la frecuencia, así como el pensamiento crítico de porque estamos obteniendo ciertas respuestas y tomar decisiones que nos lleven al camino u objetivo deseado.

Como ingeniero en nanotecnología debes tener habilidades en la caracterización de materiales a escala nanométrica y en la comprensión de las propiedades de los materiales a nivel nanométrico, conocimientos en procesos de fabricación, conocimientos en simulación y modelado.

- ¿Cuáles fueron las competencias desarrolladas desde distintas disciplinas?

Capacidad de síntesis y análisis, capacidad de organización y planificación, comunicación oral y escritas, resolución de problemas, trabajo en equipo, toma de decisiones y habilidades para la investigación.

- ¿Cuáles fueron mis aprendizajes más importantes sobre el contexto sociopolítico y económico y la problemática del campo profesional?

Simulación, diseño y aplicación de sistemas reales con funciones capaces de ser utilizados dentro de la industria, metodología y estructuración de proyecto con sistemas utiles para el campo laboral.

- ¿Cuáles fueron mis saberes puestos a prueba?

Conocimientos básicos sobre análisis de circuitos analógicos, uso de filtros y amplificadores, uso de softwares de diseño electrónico, diagramas de bode para analizar las frecuencias de corte, uso de osciloscopio y fuentes de alimentación, saber leer datasheets para conocer las características de los componentes, saber leer esquemáticos de circuitos electrónicos, etc.

- ¿Qué aprendí para mi proyecto de vida profesional?

Esta experiencia que hemos vivido en el PAP nos ha enriquecido nuestra formación académica ya que hemos podido identificar fortalezas y debilidades como futuros profesionistas y que identifiquemos aquellas habilidades y conocimientos que encajen con nuestro proyecto de vida, así como establecer metas a corto, mediano y largo plazo para tener una idea clara de hacia dónde nos queremos dirigir, ya que así podemos establecer un plan de acción. Por último, consideramos que es importante mantener un equilibrio entre la vida personal y profesional para tener un estilo de vida saludable.

- Aprendizajes sociales

Para la elaboración de este apartado, se pueden emplear las siguientes preguntas a manera de guía:

- ¿En qué forma pude desplegar una iniciativa de transformación de la realidad, con creatividad, innovación, espíritu emprendedor y orientado a la calidad de la vida social?

Formulamos un sistema desde el diseño capaz de apoyar y ayudar a el analisis de un sistema con aplicaciones en sistemas de biosensores poco invasivos los cuales podran facilitar la detección de enfermedades con mayor facilidad.

- ¿Qué tan capaz soy ahora para preparar un proyecto; para dirigirlo, con base en objetivos, a la mejora social; para hacer su seguimiento y evaluar su puesta en práctica; para tomar decisiones?

Tenemos una mayor capacidad de dirigir y estructurar las etapas a seguir para la creacion de un proyecto, lo que nos da un mayor control en su seguimiento y detección de problemas.

- ¿Qué prácticas sociales y en qué ámbitos de la sociedad pude innovar?
- ¿Qué impactos pude evidenciar, y cuáles no, de la aplicación profesional realizada? (Aporta las evidencias o los indicadores de cumplimiento).

En el aprendizaje de uso de softwares de simulación (figura 1, 2 4, 9) y la creación de sistemas complejos útiles como prototipado para la formulación de sistemas necesarios (figura 3, 5, 10), mientras que no se logró el crear el sistema final para sus pruebas.

- ¿Cuáles de esos impactos eran probables y/o esperados desde el planteamiento inicial del proyecto y por qué?

Ya era esperado todo, tanto el uso de software como la implementación física.

- ¿A qué grupos sociales benefició el proyecto?

Actualmente en la etapa en la que se quedó no beneficia directamente pero se espera que en un futuro tenga la capacidad de apoyar de mayor forma.

- ¿Mis servicios profesionales qué bienes produjeron de carácter público?

Actualmente no produjo ningún bien, pero en etapas posteriores tiene la capacidad de apoyar a la industria general.

- ¿Mis servicios profesionales ayudaron a grupos que no disponen de recursos para generar bienes sociales?

Actualmente no.

- ¿Mis servicios profesionales contribuyeron para mejorar la economía del país?

Mientras que lo que se logró no pudo contribuir el plan final al que está dirigido el proyecto tiene grandes aplicaciones y capacidades de contribución.

- ¿Los saberes aplicados que hicieron posible la aportación social, son transferibles a otras situaciones y por qué?

Los conocimientos si son aplicables en situaciones principalmente laborales puesto que la parte a trabajar implicó más el trabajo en equipo que el impacto social final del producto.

- ¿Cómo se puede dar seguimiento a la aportación social de este proyecto para que se conserve y amplíe a lo largo del tiempo su beneficio social?

Una vez el proyecto tenga resultados mayores este tendrá aplicaciones tanto en la industria farmacéutica y electrónica lo que beneficiaría tanto a la facilidad de detección de enfermedades como al desarrollo de nuevos dispositivos electrónicos.

- ¿Qué visión del mundo social tengo ahora? ¿Cambiaron mis supuestos sobre la realidad?

Que todo trabajo puede ser utilizado en el beneficio de la sociedad y no solo el propio, porque incluso un trabajo que no tiene uso aparente en la sociedad, se le pueden dar aplicaciones para un sistema mayor con un alcance benefico.

- Aprendizajes éticos

Para la elaboración de este apartado, se pueden emplear las siguientes preguntas a manera de guía:

- ¿Cuáles fueron las principales decisiones que tomé, por qué razón las tomé, y qué consecuencias tuvieron?

Como se iba dirigiendo el proyecto sobre si era necesario una reestructuración desde un punto previo lo que nos llevaba a retrasar los avances e itinerario planeado para poder tener lecturas mejores.

- ¿Adónde me lleva, a qué me lanza o invita la experiencia vivida?

A poder aplicar mis conocimientos en el ambito laboral pudiendo convivir y trabajar en equipo.

- ¿Cómo y para quien habré de ejercer mi profesión después de la experiencia del PAP?

Está experiencia demostro que nuestra profesión tiene una amplia aplicación y utilidad que no solo se enfoca en un punto, si no que es capaz de entrelazarse con otras profesiones e ideas diferentes que nos lleva a abrir nuestro conocimiento a nuevas posibilidades.

- Aprendizajes en lo personal

- ¿El PAP qué me dio para conocerme a mí?

Me ayudo a ver mis fortalezas y debilidades en el ambito profesional ademas de ayudarme a trabajar en equipo y abrirme a nuevas ideas.

- ¿El PAP qué me dio para conocer y reconocer a la sociedad y a los otros?

Me dio el enfoque de diversos miembros del equipo para poder aprender de ellos, socializar con ellos y discutir temas que podian aportar al proyecto

dando una mayor facilidad para el trabajo en equipo y empatizar con nuestros compañeros.

- ¿Cómo me ayudó el PAP para aprender a convivir en la pluralidad y para la diversidad?

Mostro que no todo el trabajo lo puede hacer una sola persona, si no que es necesario aprender y apoyarse del trabajo de otros, conviviendo para un mismo bien.

- ¿Qué aprendí para mi proyecto de vida?

Me mostro como es el trabajo en un ambito más profesional, como es el trabajo en equipo, el trabajar bajo una estructuración clara, orden y metodología de trabajo, y la necesidad de convivencia con el equipo.

## 5. Conclusiones

Se logro diseñar un sistema de amplificación de señal utilizable en el composito piezoelectrico el cual ademas tiene la capacidad de limpiar la señal para que la lectura de está sea más exacta sobre el composito para asi poder analizar correctamente la salida de este. Falto el formar el sistema final y hacer pruebas de este para poder ser utilizado para todas las pruebas posteriores del piezoelectrico.

## 6. Bibliografía

Wang, Zhong Lin (2013). Triboelectric Nanogenerators as New Energy Technology for Self-Powered Systems and as Active Mechanical and Chemical Sensors. *ACS Nano*, 7(11), 9533–9557. doi:10.1021/nm404614z

Manzaneque, Tomás; Ruiz-Díez, Víctor; Hernando-García, Jorge; Wistrela, Elisabeth; Kucera, Martin; Schmid, Ulrich; Sánchez-Rojas, José Luis (2014). Piezoelectric MEMS resonator-based oscillator for density and viscosity sensing. *Sensors and Actuators A: Physical*, 220(), 305–315. doi:10.1016/j.sna.2014.10.002

Kambale, Rahul C.; Kang, Ju-Eun; Yoon, Woon-Ha; Park, Dong-Soo; Choi, Jong-Jin; Ahn, Cheol-Woo; Kim, Jong-Woo; Hahn, Byung-Dong; Jeong, Dae-Yong; Kim, Yang-Do; Dong, Shuxiang; Ryu, Jungho (2014). Magneto-Mechano-Electric (MME) Energy Harvesting Properties of Piezoelectric Macro-fiber Composite/Ni Magnetoelectric Generator. *Energy Harvesting and Systems*, 1(1-2), -. doi:10.1515/ehs-2013-0026

Shishesaz, Mohammad; Shirbani, Meisam Moory; Sedighi, Hamid Mohammad; Hajnayeb, Ali (2018). Design and analytical modeling of magneto-electro-mechanical characteristics of a novel magneto-electro-elastic vibration-based energy harvesting system. *Journal of Sound and Vibration*, 425(), 149–169. doi:10.1016/j.jsv.2018.03.030

#### [Anexos \(en caso de ser necesarios\)](#)

[Es todo lo que soporte el documento; que no es necesario añadirlo en el cuerpo del reporte, pero que sirve para su mejor comprensión: materiales elaborados, bitácoras, fichas, fotografías, mapas, etc.]