

Medidor visual de ruido mediante un micrófono MEMS

Santiago Herrera Guevara¹

M. en C. Israel Rivera Zárata²

Dr. Juan Carlos Herrera Lozada²

Dr. Jacobo Sandoval Gutiérrez³

Instituto Politécnico Nacional

¹Escuela Superior de Ingeniería Textil

² Centro de Innovación y Desarrollo Tecnológico en Cómputo

³ Universidad Autónoma Metropolitana - Unidad Lerma

sherrerag2200@alumno.ipn.mx
jlozada@ipn.mx

santoscocoy.herrera@gmail.com

irivera@ipn.mx

j.sandoval@correo.ler.uam.mx

Referencia de este artículo [1].

RESUMEN

Este trabajo presenta el desarrollo de un medidor visual de ruido basado en la tarjeta Circuit Playground Express (CPX), la cual incorpora un micrófono MEMS capaz de registrar variaciones en la intensidad sonora del entorno. A partir de estas lecturas se implementó un sistema de clasificación por umbrales que activa los diez LEDs RGB integrados en la tarjeta, generando una retroalimentación luminosa que permite identificar de manera inmediata niveles bajos, moderados y elevados de ruido. Para validar el funcionamiento del prototipo se realizaron pruebas en distintos escenarios cotidianos, lo que permitió ajustar los rangos de operación y comprobar la estabilidad de las transiciones entre zonas. Si bien el dispositivo no sustituye a un instrumento de medición acústica profesional, ofrece una alternativa accesible para visualizar cambios en la intensidad del sonido y demuestra el potencial de la CPX como plataforma didáctica y de prototipado rápido en aplicaciones orientadas al monitoreo acústico y al diseño de tecnología vestible (wearable).

ABSTRACT

This work presents the development of a visual noise meter based on the Circuit Playground Express (CPX) board, which incorporates a MEMS microphone capable of capturing variations in environmental sound intensity. Using these readings, a threshold-based classification system was implemented to activate the ten integrated RGB LEDs, generating a visual feedback pattern that allows for the immediate identification of low, moderate, and high noise levels. The prototype was validated through tests conducted in everyday scenarios, enabling the adjustment of operational ranges and confirming the stability of transitions between alert zones. Although the device does not replace a professional acoustic measurement instrument, it provides an accessible alternative for visualizing changes in sound intensity and demonstrates the potential of the CPX as an educational and rapid-prototyping platform for applications focused on acoustic monitoring and wearable technology design.

1. Introducción

En entornos laborales, particularmente en áreas de producción como talleres de confección, plantas textiles y espacios industriales cerrados, el ruido representa un factor de riesgo que puede afectar la concentración, el desempeño operativo y, en casos de exposición prolongada, la salud auditiva del personal. Si bien estos entornos no siempre alcanzan niveles extremos de presión sonora, maquinaria como equipos de coser industrial, compresores, cortadoras y dispositivos electromecánicos generan fluctuaciones significativas en la intensidad acústica. Estas variaciones hacen necesario el uso de indicadores visuales que alerten sobre cambios relevantes en los niveles de ruido.

La tarjeta Circuit Playground Express (CPX) de Adafruit incorpora un micrófono MEMS (Micro-Electro-Mechanical Systems, traducido a nuestro idioma como sistemas microelectromecánicos), el cual permite captar cambios en la presión sonora del entorno con buena estabilidad y sensibilidad. Este micrófono se puede vincular con los diez LEDs RGB NeoPixel de propósito general que incluye la tarjeta CPX para una visualización inmediata del comportamiento del ruido. Esta combinación facilita el desarrollo de dispositivos compactos y reconfigurables, capaces de responder en tiempo real al comportamiento acústico del entorno. Por ello, la tarjeta CPX resulta una plataforma ideal para prototipos con tecnología wearable destinados a personal expuesto a maquinaria ruidosa.

El micrófono MEMS integrado en la tarjeta CPX no entrega mediciones directas en decibeles sino valores que reflejan los cambios en la intensidad del sonido que recibe. Aunque no se trata de un sonómetro calibrado, sus lecturas son lo suficientemente estables y consistentes para reconocer incrementos o disminuciones en el nivel de ruido. Con esta información es posible activar el encendido de los LEDs de la tarjeta, de modo que la variación sonora se traduzca en cambios de color visibles sin necesidad de realizar una conversión precisa a decibeles.

Este tipo de diseño no pretende sustituir a un instrumento profesional de medición acústica, como un sonómetro, pero resulta útil como apoyo visual en espacios laborales y en otros entornos donde se requiere monitorear niveles de ruido que pueden fluctuar con frecuencia. En el contexto de nuestro país, la NOM-011-STPS-2001 establece límites de exposición que deben vigilarse, y aunque este prototipo no alcanza la exactitud requerida por la norma, sí ayuda a identificar momentos en los que el nivel sonoro aumenta, lo que contribuye a reforzar prácticas de seguridad en talleres textiles y otras áreas de manufactura.

2. Micrófono MEMS integrado a la tarjeta CPX

Un micrófono MEMS es un pequeño sensor construido con tecnología microelectromecánica. En su interior incorpora una diminuta membrana que reacciona a las variaciones de presión sonora y un circuito que convierte esos cambios en una señal eléctrica. Este tipo de micrófonos se caracteriza por su tamaño reducido, su consumo mínimo y su capacidad para ofrecer lecturas suficientemente estables para tareas de monitoreo acústico en aplicaciones portátiles o integradas.

El micrófono MEMS de la tarjeta CPX no está diseñado para entregar una lectura directa en decibeles, sino para capturar cambios en la presión sonora y convertirlos en un valor numérico que refleja la fuerza del sonido que llega al sensor. Aunque esa lectura no equivale a la de un sonómetro calibrado, resulta lo bastante estable para distinguir variaciones claras entre sonidos suaves, moderados o intensos. Con esa información es posible activar los LEDs del dispositivo y mostrar, mediante distintos colores, cómo va cambiando el nivel de ruido sin necesidad de realizar una conversión formal a unidades acústicas.

Este tipo de solución no busca reemplazar los instrumentos de medición profesional; más bien funciona como una herramienta de apoyo en lugares donde el ruido cambia con frecuencia y conviene contar con una señal visual inmediata. En el contexto mexicano, la NOM-011-STPS-2001 establece los límites permitidos de exposición al ruido y los métodos para evaluarlo. Aunque el prototipo no cumple los requisitos de exactitud exigidos por la norma, puede utilizarse como una señal temprana que ayude a identificar aumentos de ruido en talleres o espacios productivos.

La respuesta del micrófono MEMS cubre un rango de frecuencias suficiente para captar sonidos comunes en entornos escolares, textiles o demostrativos, y su integración con los diez LEDs NeoPixel permite representar de forma intuitiva los cambios en la intensidad del sonido. Esta combinación hace que la CPX sea una plataforma adecuada para desarrollar dispositivos visuales de alerta que reaccionen de manera inmediata al ambiente sonoro.

Estas cualidades hacen del micrófono MEMS una opción ideal para aplicaciones vestibles en el sector textil. Al integrarse en prendas como chaquetas, chalecos, batas de trabajo u otras prendas o accesorios, el sistema puede mostrar visualmente los niveles de ruido en talleres de confección, aulas o áreas con máquinas industriales, sin necesidad de equipos externos. Su bajo consumo y tamaño mínimo facilitan su incorporación para aplicaciones wearables, donde los LEDs proporcionan retroalimentación visual instantánea sobre el entorno acústico.

En la Figura 1 es posible observar la tarjeta CPX y la distribución de sus componentes haciendo énfasis en el micrófono MEMS y los LEDs RGB.

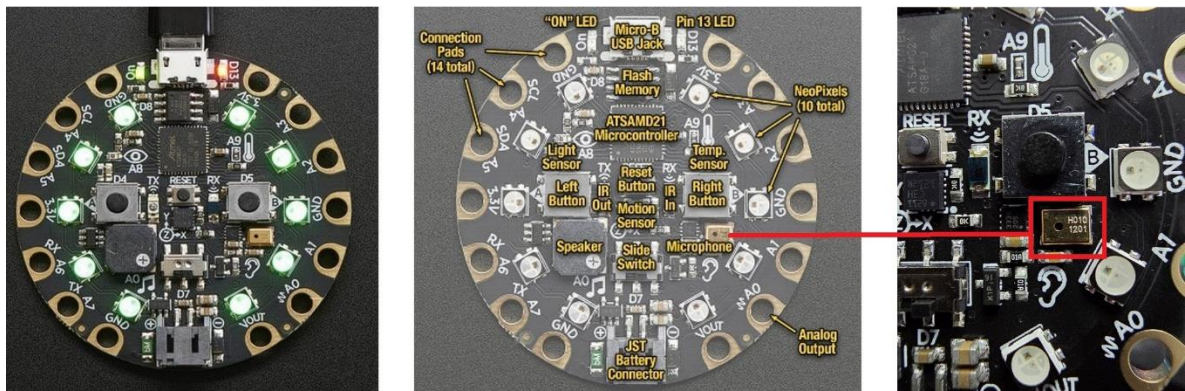


Figura 1. Tarjeta Circuit Playground Express: disposición de LEDs NeoPixel, distribución de componentes principales (imágenes del fabricante) y acercamiento al micrófono MEMS (imagen propia).

3. Desarrollo y funcionamiento del medidor visual de ruido

El desarrollo del medidor de nivel visual de ruido se basa en el micrófono MEMS incorporado en la tarjeta CPX, cuya capacidad de captación acústica permite registrar fluctuaciones sonoras y convertirlas en valores digitales proporcionales a la intensidad detectada. Dado que estos valores no representan decibeles calibrados, se realizaron pruebas empíricas para establecer rangos relativos bajo distintas condiciones ambientales: un nivel de silencio estable generó lecturas entre 20 y 40 unidades, mientras que una conversación normal osciló entre 60 y 90. En entornos con ruido moderado, como maquinaria textil en operación, el rango ascendió a 90–130 unidades, y eventos sonoros abruptos, como golpes o aplausos, alcanzaron picos entre 130 y 170 unidades. Estos datos permitieron definir umbrales operativos que categorizan el ruido en cuatro zonas de alerta, optimizando la funcionalidad del dispositivo para entornos laborales.

El proceso de medición se realiza mediante un muestreo continuo, donde se promedian múltiples lecturas para minimizar distorsiones causadas por variaciones instantáneas. Se consideró aplicar un factor de sensibilidad que amplifica la respuesta en ambientes con niveles sonoros base bajos, mejorando la precisión en condiciones de ruido tenue. El valor resultante activa una de las cuatro zonas predefinidas, visualizadas mediante los diez LEDs RGB integrados en la tarjeta. La codificación cromática sigue una lógica escalonada: verde para niveles seguros, amarillo como advertencia ante incrementos moderados, rojo para ruidos elevados y rojo intenso para situaciones que, según los parámetros de la NOM-011-STPS-2001, podrían implicar riesgos en exposiciones prolongadas.

Los umbrales numéricos se establecieron de la siguiente manera: valores inferiores a 60 unidades corresponden a niveles bajos sin alerta (LEDs apagados); el rango de 60 a 90 activa la zona verde; entre 90 y 120 se ilumina la zona amarilla; de 120 a 150 se enciende la zona roja; y lecturas superiores a 150 unidades disparan la alerta máxima con rojo intenso. Si bien estos valores no equivalen directamente a decibeles calibrados, la progresión sigue una correlación conceptual con los límites establecidos por la NOM-011-STPS-2001, donde exposiciones continuas por encima de 85 dB exigen medidas de control y niveles cercanos o superiores a 100 dB se consideran potencialmente peligrosos.

Cabe reiterar que este enfoque no sustituye a un sonómetro profesional, pero proporciona una referencia práctica para monitorear incrementos relativos en el ruido ambiental, alineándose con las categorías de riesgo establecidas por la normativa. La representación visual mediante el anillo LED permite una identificación inmediata de condiciones sonoras críticas, facilitando la toma de decisiones preventivas cuando el entorno laboral se aproxima a niveles que, según la NOM-011-STPS-2001, requieren intervención. La combinación de hardware accesible y criterios normativos convierte al dispositivo en una herramienta útil para la concienciación y gestión temprana de riesgos acústicos en espacios de trabajo.

Para implementar el medidor visual de ruido se desarrolló un programa en Arduino IDE que procesa en tiempo real la señal digital generada por el micrófono MEMS de la tarjeta CPX. Con la ejecución de este programa se realiza una adquisición múltiple de muestras para reducir fluctuaciones instantáneas y se genera un valor promedio que representa la amplitud relativa del sonido ambiente. Este valor se compara contra umbrales previamente definidos que permiten clasificar el nivel sonoro en las cuatro zonas que se describieron anteriormente. En consecuencia, los umbrales del programa se ajustaron para que la zona roja corresponda aproximadamente a los valores de lectura que se obtienen cuando el ruido ambiental se acerca a dicho límite, mientras que la zona rojo intenso actúa como una advertencia visual para picos sonoros equivalentes a condiciones cercanas a 90 dB. De esta manera, el programa convierte la señal del micrófono en una representación luminosa que facilita la identificación rápida de incrementos significativos en el ruido dentro de un entorno, sin pretender sustituir la precisión de un sonómetro certificado pero sí ofreciendo una herramienta accesible para la vigilancia preventiva del ambiente acústico.

La Figura 2 muestra el programa que implementa el medidor visual de ruido utilizando el micrófono MEMS y los diez LEDs RGB integrados en la tarjeta CPX. El código utiliza la biblioteca `Adafruit_CircuitPlayground`, la cual abstrae el procesamiento interno del micrófono digital y permite obtener directamente un valor asociado al nivel de sonido, además de gestionar de forma sencilla el control de los LEDs RGB NeoPixels. Al inicio del programa se habilitó una comunicación serial con la computadora con el propósito de visualizar en el monitor serial los valores numéricos capturados por el sensor, lo que facilita el ajuste de umbrales y la calibración experimental del sistema.

```
1 //Santiago Herrera Guevara.
2 //Medidor visual de ruido con micrófono MEMS.
3 #include <Adafruit_CircuitPlayground.h>
4
5 const int num_muestras = 20;
6 float sensibilidad = 1.5;
7
8 int umbral_verde = 60;
9 int umbral_amarillo = 90;
10 int umbral_rojo = 120;
11 int umbral_rojo_intenso = 150;
12
13 bool faseB = false; //Para el parpadeo
14
15 void setup() {
16     Serial.begin(115200);
17     CircuitPlayground.begin();
18 }
19
20 // Cálculo del nivel de ruido con micrófono MEMS
21 int nivelRuido() {
22     long suma = 0;
23     for (int i = 0; i < num_muestras; i++) {
24         // Lectura del micrófono MEMS de la tarjeta CPX
25         int v = CircuitPlayground.soundSensor();
26
27         if (v < 0) v = 0;
28         suma += v;
29         delay(2);
30     }
31     float prom = (float)suma / num_muestras;
32     prom *= sensibilidad;
33     return (int)prom;
34 }
35
36 void mostrarZona(int valor) {
37     // Apagar todos los LEDs al inicio del ciclo
38     for (int i = 0; i < 10; i++) {
39         CircuitPlayground.setPixelColor(i, 0, 0, 0);
40     }
41
42     // Zona verde: LEDs 0,1,2
43     if (valor >= umbral_verde) {
44         for (int i = 0; i < 3; i++)
45             CircuitPlayground.setPixelColor(i, 0, 80, 0);
46     }
47
48     // Zona amarilla: LEDs 3,4,5
49     if (valor >= umbral_amarillo) {
50         for (int i = 3; i < 6; i++)
51             CircuitPlayground.setPixelColor(i, 120, 120, 0);
52     }
53
54     // Zona roja: LEDs 6,7,8
55     if (valor >= umbral_rojo) {
56         for (int i = 6; i < 9; i++)
57             CircuitPlayground.setPixelColor(i, 150, 0, 0);
58     }
59
60     // Zona rojo intenso: LED 9 (parpadeo)
61     if (valor >= umbral_rojo_intenso) {
62         if (!faseB) {
63             // LEDs verdes, amarillos, rojos y LED 9 en rojo intenso
64             CircuitPlayground.setPixelColor(9, 255, 40, 0);
65             faseB = true;
66         }
67         else {
68             // Todos los LEDs en rojo intenso
69             for (int i = 0; i < 10; i++)
70                 CircuitPlayground.setPixelColor(i, 255, 40, 0);
71             faseB = false;
72         }
73     }
74 }
75
76 void loop() {
77     int nivel = nivelRuido();
78     Serial.println(nivel);
79     mostrarZona(nivel);
80     delay(1000);
81 }
82
83
84
85
86
```

Figura 2. Programa para implementar el medidor visual de ruido.

4. Pruebas y resultados

Para validar el funcionamiento del medidor visual de ruido se realizaron pruebas simples en condiciones controladas y fácilmente reproducibles. En primer lugar se midió el comportamiento del sistema en un ambiente relativamente silencioso, manteniendo la tarjeta sin movimiento y a una distancia aproximada de un metro de la fuente de ruido. En este escenario los valores registrados por el monitor serial oscilaron entre 40 y 70 unidades, lo que mantuvo los LEDs apagados o en color verde, coherente con la zona de ruido bajo establecida en los umbrales del programa. Posteriormente se introdujeron ruidos moderados como conversaciones normales en un salón de clases, cierre de puertas y manipulación de objetos, observándose incrementos inmediatos en los valores entre 80 y 110 unidades que activaron la zona amarilla de forma consistente.

Se simulaban picos de ruido mediante aplausos, impactos a un metal, y el funcionamiento cercano de una máquina de coser. En ambos casos la lectura superó con facilidad las 120 unidades, lo que generó transiciones al color rojo, y en momentos específicos al rojo intenso cuando se alcanzaron valores superiores a 150 unidades. Aunque estos valores no representan decibeles reales, la respuesta del indicador fue proporcional a los cambios en la amplitud de la señal y permitió distinguir con claridad entre condiciones de ruido bajo, moderado y alto.

El comportamiento observado mostró estabilidad en las transiciones entre zonas y buena repetibilidad en las distintas pruebas, lo que confirma que el medidor puede utilizarse como una herramienta visual preliminar para identificar incrementos de ruido.

La Figura 3 ilustra el comportamiento del medidor visual frente a distintas condiciones de ruido. Se observa que las lecturas del micrófono MEMS aumentan de manera progresiva conforme se incrementa la intensidad sonora. Las franjas de color permiten identificar en qué zona de umbral se sitúan las mediciones, mostrando la transición desde valores bajos relacionados con silencio y conversación normal, hasta valores elevados asociados al funcionamiento de una máquina de coser y a ruidos abruptos que activan la zona de rojo intenso.

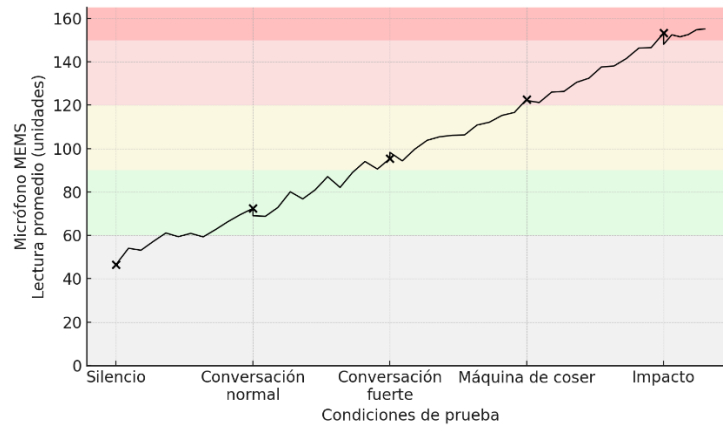


Figura 3. Variación de la lectura del micrófono MEMS bajo diferentes condiciones de ruido y correspondencia con zonas de alerta visual.

La Figura 4 presenta la secuencia de operación del medidor visual de ruido desarrollado con la tarjeta CPX. En la primera imagen se aprecia la activación de la zona verde, correspondiente a niveles bajos de la señal acústica detectados por el micrófono MEMS. Conforme aumenta la amplitud del ruido ambiental, se encienden progresivamente las zonas amarilla y roja, representadas por la iluminación acumulativa de los LEDs RGB. Finalmente, la última imagen evidencia el estado de rojo intenso, donde el LED correspondiente y el anillo completo de LEDs alternan entre fases de iluminación como respuesta a valores superiores al umbral máximo definido. Esta secuencia ilustra de manera clara el comportamiento del sistema y permite visualizar cómo el prototipo traduce los cambios de intensidad sonora en retroalimentación luminosa fácilmente interpretable.

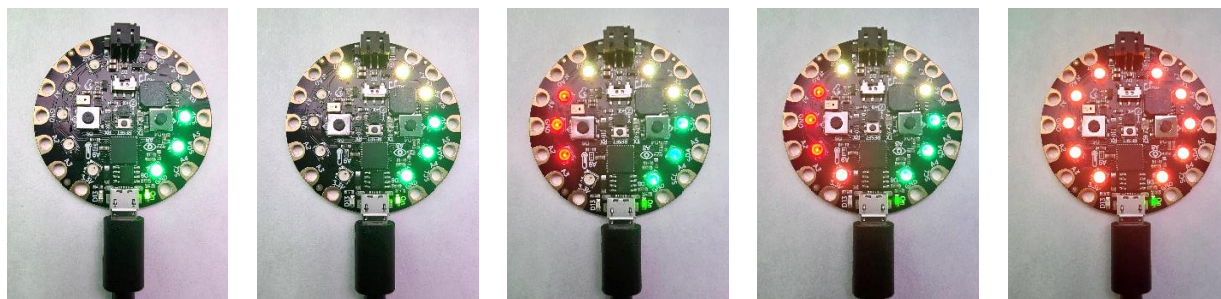


Figura 4. Secuencia de funcionamiento del medidor visual de ruido con micrófono MEMS integrado en la CPX. La etapa final muestra el encendido del LED 9 en rojo intenso alternado con los diez LEDs también iluminados en rojo intenso.

5. Conclusiones

El prototipo desarrollado demostró que la tarjeta Circuit Playground Express, gracias a su micrófono MEMS, puede emplearse para identificar con claridad cuándo el sonido del entorno aumenta o disminuye. Aunque el sensor no mide decibeles de manera formal, su comportamiento fue lo bastante estable como para distinguir distintas situaciones cotidianas y traducirlas en un patrón de luces fácil de interpretar.

La posibilidad de coser la tarjeta directamente a una prenda, por ejemplo un chaleco, una chamarra, una bata de trabajo o incluso un accesorio, abre la puerta a aplicaciones de tecnología vestible (wearable), donde el usuario pueda ver de inmediato cuándo el ruido empieza a elevarse. Este tipo de integración hace viable su uso en espacios donde el sonido cambia con frecuencia, como talleres textiles, aulas, áreas comunes o medios de transporte.

El proyecto deja varias rutas para continuar desarrollándolo. Una de ellas es registrar los niveles de ruido a lo largo del tiempo y enviar esa información de manera inalámbrica. Otra consiste en ajustar el sistema con apoyo de equipos certificados para lograr una correspondencia más cercana con mediciones profesionales. También sería posible explorar versiones montadas directamente en textiles inteligentes o con patrones de iluminación más completos.

Referencias bibliográficas

Circuit Playground Express, Adafruit. (2025). <https://learn.adafruit.com/adafruit-circuit-playground-express/overview>. Consultado por última vez en noviembre de 2025.

Arduino, página oficial. (2025). <https://www.arduino.cc/en/software>. Consultado por última vez en noviembre de 2025.

Z. Xiao, Z. Qin, and L. Wu. (2023). "A Wearable Noise-Monitoring System Based on MEMS Microphone Arrays," *IEEE Sensors Journal*, vol. 23, no. 4, pp. 3451–3460.

J. Kim and H. Lee. (2023). "Real-Time Acoustic Level Classification Using Low-Power Embedded Devices for Environmental Monitoring," *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 10, no. 2, pp. 1250–1261, 2023.

Referencia del artículo

Herrera, S., Rivera, I., Herrera, J. & Sandoval, J. (enero - febrero, 2026). Medidor visual de ruido mediante un micrófono MEMS. *Boletín UPIITA. año 20, (112) 2026*
<https://www.boletin.upiita.ipn.mx/index.php/ciencia/1103-cyt-numero-112/2473-medidor-visual-de-ruido-mediante-un-microfono-mems>