

# Física con XO

Guzmán Trinidad

Profesor de Física egresado del Instituto de Profesores "Artigas"  
(1992)

Contacto: [fisicaconxo@gmail.com](mailto:fisicaconxo@gmail.com)

Este trabajo está dedicado  
a Andrea y  
a nuestros hijos: Juan y Guille

# 1 Tabla de contenidos

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 1   | Tabla de contenidos.....   | 5  |
| 2   | Prólogo:.....  | 11 |
| 3   | Protocolo de Investigación del Proyecto “Física con XO” presentado ante el Consejo de Educación Secundaria (CES).....    | 13 |
|     | Resumen.....   | 13 |
|     | Tema.....  | 13 |
|     | Problema.....  | 13 |
|     | Justificación.....   | 14 |
|     | Hipótesis.....   | 14 |
|     | Marco teórico.....   | 14 |
|     | Fundamentación de la importancia del proyecto para la educación.....   | 15 |
| 4   | Guía de lectura: cómo encontrar lo que pueda interesarle.....  | 17 |
| 5   | El software y el hardware de la XO. Interacción con el mundo físico.....   | 19 |
| 5.1 | Software:.....   | 19 |
| 5.2 | Hardware. Interacción con el mundo físico.....   | 20 |
|     | Características exclusivas de los periféricos de la XO.....  | 21 |
|     | La cámara incorporada.....   | 21 |
|     | La pantalla:.....  | 21 |
|     | La placa de sonido. Especificaciones técnicas de la placa de la XO..   | 21 |
|     | Los parlantes incorporados.....  | 22 |
|     | Conector externo para auriculares o parlantes (salida de línea line out):.....   | 22 |
|     | El micrófono incorporado:.....   | 22 |
|     | Conector externo para micrófono, interruptor y sensores:.....  | 22 |
|     | XO1 (CL1A):.....   | 22 |
|     | XO1.5 (CL1B):.....   | 23 |
|     | XO1.75 (CL2):.....   | 23 |
| 5.3 | Sensores mic para XO:.....   | 23 |
|     | Traducción de las medidas físicas en datos que puede interpretar y procesar una computadora:.....                        | 24 |
|     | Conversión Analógica a Digital:.....   | 24 |
|     | Conversión Digital a Analógica:.....   | 24 |
| 6   | Antecedentes de uso de interfaces de adquisición de datos en Laboratorios de Física de Educación Secundaria Pública..... | 27 |
| 7   | La Actividad MEDIR (versiones 31, 36 y 42).....  | 31 |
| 7.1 | Actividad MEDIR v.31: Barra de Herramientas.....   | 31 |
| 7.2 | Actividad MEDIR v.36: Barra de Herramientas.....   | 33 |
| 7.3 | Actividad MEDIR v.42: Barra de Herramientas.....   | 35 |
| 8   | La conversión Analógica a Digital: Conversión de voltaje y resistencia a entero en XO1 y XO1.5.....                      | 37 |
| 8.1 | Procedimiento:.....  | 37 |
|     | XO1: Conversión AD Voltaje/entero.....   | 38 |
|     | XO1: Conversión AD Resistencia/entero.....   | 39 |
|     | XO1.5: Conversión AD Voltaje/entero.....   | 39 |
|     | XO1.5: Conversión AD Resistencia/entero.....   | 40 |
| 8.2 | Análisis de las curvas de conversión AD obtenidas.....   | 40 |
| 9   | Exactitud y Precisión de la conversión Analógica a Digital (XO1, XO1.5 y XO1.75).....                                    | 41 |
| 9.1 | Exactitud y precisión en medidas con XO1.....  | 42 |
|     | Exactitud y precisión en medidas de Voltaje con XO1:.....  | 42 |
|     | Conclusiones:.....   | 47 |

|   |     |
|---|-----|
| Exactitud y precisión en medidas de Resistencia con XO1:.....   | 48  |
| Conclusiones:.....  | 55  |
| 9.2 Exactitud y precisión en medidas con XO1.5.....   | 56  |
| Exactitud y precisión en medidas de Voltaje con XO1.5:.....   | 56  |
| Conclusiones:.....  | 58  |
| Exactitud y precisión en medidas de Resistencia con XO1.5:.....   | 59  |
| Conclusiones:.....  | 63  |
| 9.3 Exactitud y precisión en medidas con XO1.75 en sus variedades<br>SKU199 (modelo para desarrolladores) y SKU206 (modelo distribuido por<br>Plan Ceibal)..... | 63  |
| Medidas de Voltaje y Resistencia con XO1.75 SKU 199.....  | 64  |
| Exactitud y precisión en medidas de Voltaje con XO1.75 SKU 199:..   | 64  |
| Exactitud y precisión en medidas de Resistencia con XO1.75 SKU 199:<br>.....  | 66  |
| Medidas de Voltaje y Resistencia con XO1.75 SKU 206.....  | 68  |
| Medidas de Voltaje.....   | 69  |
| Medidas de Resistencia.....   | 70  |
| 10 La conversión Digital a Analógica:.....  | 73  |
| 10.1 Síntesis de sonido en XO1.....   | 73  |
| SUGAR Actividad Pippy.....  | 73  |
| SUGAR Actividad TurtleBlocks (TB).....  | 73  |
| Rango de frecuencia de los sonidos sintetizados.....  | 74  |
| Potencia de la señal generada.....  | 74  |
| 10.2 Síntesis de sonido en XO1.5.....   | 74  |
| SUGAR Actividad TurtleBlocks (TB).....  | 75  |
| Rango de frecuencia de los sonidos sintetizados.....  | 75  |
| Potencia de la señal generada.....  | 77  |
| Linux Fedora Gnome, Software Audacity:.....   | 77  |
| 10.3 Síntesis de sonido en XO1.75:.....   | 77  |
| 10.4 Síntesis de sonido en otras netbooks distribuidas por Plan Ceibal<br>78  |     |
| 11 La Actividad TURTLE BLOCKS (TB).....   | 81  |
| 11.1 Barras de herramientas en TB versión 109.....  | 81  |
| Paletas.....  | 83  |
| Ayuda para cada bloque de las Paletas (TB v.109).....   | 85  |
| Carga de Bloque Python:.....  | 98  |
| Bloques incorporados en TB versión130.....  | 99  |
| 12 Breve tutorial de introducción a la programación utilizando la<br>Actividad TurtleBlocks (TB).....   | 101 |
| 12.1 Capacidades de la Actividad TB a utilizar frecuentemente:.....   | 101 |
| CONSTRUCCIÓN DE FIGURAS GEOMÉTRICAS.....  | 102 |
| Ejemplo 1 trazar un cuadrado:.....  | 102 |
| Ejemplo 2 trazar un triángulo equilátero:.....  | 104 |
| Ejemplo 3 trazar un polígono regular de N lados. Introducción al uso<br>de variables (“caja”) en TB:.....   | 105 |
| Desplegar en pantalla texto, valores numéricos e imágenes.<br>Introducción a tipos de datos, operadores y estructuras de control en<br>TB:.....                 | 106 |
| Emisión de sonidos y síntesis de voz. Introducción al uso del bloque<br>Python.....   | 108 |
| Acceso a medidas de tiempo y cálculos de funciones matemáticas.<br>Introducción al uso del bloque función Python.....   | 110 |
| Uso de acciones y almacenamiento de valores en la pila: <i>bloques<br/>vaciar pila, empujar y sacar</i> .....   | 112 |

|   |     |
|---|-----|
| Programación de despliegue de cuadros de valores en pantalla.....   | 113 |
| Construcción de gráficas basadas en iteración de coordenada x y<br>basadas en tiempo.....   | 115 |
| Nota sobre Recursividad en TB.....  | 117 |
| 12.2    Recomendaciones al programar lectura de sensores en TB y<br>Medir    117  |     |
| 13    Medida de Voltaje y Resistencia: rangos, frecuencia de muestreo.<br>Magnitudes Físicas a medir con XO. Montaje de caja para sensores..... | 119 |
| Introducción:.....  | 119 |
| 13.1    Medida de Voltaje y Resistencia: rangos, frecuencia de muestreo<br>119  |     |
| Modo Voltaje:.....  | 119 |
| Modo Resistencia:.....  | 120 |
| Rangos de entrada de voltaje DC y resistencia en XO1, XO1.5 y<br>XO1.75 (SKU206).....   | 120 |
| Frecuencia máxima de muestreo en Actividad MEDIR y en Actividad<br>TB.....  | 120 |
| Conclusión:.....  | 121 |
| 13.2    Magnitudes físicas a medir con XO.....  | 121 |
| 13.3    Montaje de caja para sensores.....  | 122 |
| El cable de audio: Identificación de terminales y conductores.....  | 122 |
| Identificación de cables correspondientes a los terminales T y S (CHL):<br>.....  | 123 |
| Alimentación de sensores voltaje: El cable USB. Identificación de<br>conductores.....   | 124 |
| Montaje de regleta de conexiones integrando el cable de audio (señal) y<br>el cable USB (alimentación de sensores voltaje). Caja sensora:.....  | 125 |
| 14    Actividades Experimentales.....   | 127 |
| Introducción:.....  | 127 |
| Las Actividades Experimentales.....   | 127 |
| a. VOLTAJE.....   | 129 |
| Voltaje AC.....   | 129 |
| Introducción:.....  | 129 |
| Rango de medida:.....   | 129 |
| Frecuencia de muestreo:.....  | 129 |
| 01.La XO como osciloscopio: oscilograma de una señal AC 50 Hz... 130  |     |
| Voltaje DC:.....  | 133 |
| 02.Monitor de Voltaje.....  | 133 |
| 03.La XO como osciloscopio: oscilograma del rectificado media onda<br>de una señal AC 50 Hz.....  | 134 |
| 04.La XO como osciloscopio: oscilograma de la rectificación completa<br>de una señal AC 50 Hz.....  | 137 |
| Rectificación y filtrado RC:.....   | 139 |
| 05.Descarga de un Capacitor a través de un Resistor: Tabla<br>tiempo/Voltaje.....   | 140 |
| 06.Descarga de un Capacitor a través de un Resistor: Gráfica $V = f(t)$<br>.....  | 143 |
| b. Intensidad de corriente eléctrica DC.....  | 145 |
| 07.XO como amperímetro DC.....  | 146 |
| c. Resistencia óhmica.....  | 148 |
| 08.Asociación de N Resistores de igual resistencia en serie y en<br>paralelo. Gráficas $R_{eq} = f(N)$ . Resistencia equivalente.....           | 148 |
| 09.Juego de las coincidencias.....  | 150 |
| 10.Alarma piro eléctrica.....   | 152 |

|   |     |
|---|-----|
| 11. Juego del aro (3 versiones).....  | 154 |
| Variante a:.....  | 155 |
| Variante b:.....  | 155 |
| Variante c:.....  | 156 |
| d. Posición lineal/angular.....   | 157 |
| I- Sensor resistivo (SR):.....  | 157 |
| 12. Oscilaciones de un Péndulo físico: gráfica ángulo en función del tiempo (cualitativo).....  | 158 |
| II- Sensor voltaje (SV).....  | 160 |
| e. Nivel de iluminación o Iluminancia:.....   | 161 |
| I- CELDA FOTOVOLTAICA.....  | 161 |
| II- LDR (light dependent resistor).....   | 163 |
| Calibrado de LDR como sensor de luz.....  | 164 |
| 13. La XO como osciloscopio: oscilograma de la señal producida por una celda fotovoltaica.....  | 166 |
| i. Oscilograma de la señal producida por la celda al iluminarse con una lámpara incandescente alimentada por voltaje continuo (DC):.....    | 167 |
| ii. Oscilograma de la señal producida por la celda al iluminarse con una lámpara incandescente alimentada por voltaje alterno (50 HZ):..... | 167 |
| iii. Oscilograma de la señal producida por la celda al iluminarse con tubo fluorescente alimentado por voltaje alterno (50 HZ):.....        | 169 |
| 14. “Bienvenida”.....   | 170 |
| Opción A: Un Sensor mano.....   | 171 |
| Opción B: Un interruptor de barrera de luz láser.....   | 172 |
| Opción C: Pulsador Normal Abierto (NA o NO).....  | 172 |
| 15. LDR como sensor de luz. Gráfica loop $I=f(t)$ .....   | 173 |
| Aplicación: Polarimetría.....   | 174 |
| 16. Monitor de pulso con XO.....  | 175 |
| 17. LDR monitor de iluminancia.....   | 178 |
| f. Temperatura.....   | 180 |
| I-(SV) Sensor de temperatura:.....  | 180 |
| El sensor voltaje (SV) LM35:.....   | 180 |
| II-(SR) Termistor:.....   | 180 |
| El sensor resistivo (SR) Termistor NTC103:.....   | 181 |
| Calibrado del termistor NTC103.....   | 181 |
| Modificación del rango de medición con NTC103 y XO1:.....   | 182 |
| 18. Tabla tiempo/temperatura (cada 2 segundos).....   | 183 |
| 19. Termómetro y Termófono.....   | 184 |
| 20. Gráfica loop temperatura/tiempo e impresión en pantalla.....  | 185 |
| g. Campo Magnético:.....  | 187 |
| h. Fuerza.....  | 189 |
| i. Aceleración.....   | 190 |
| j. Frecuencia.....  | 191 |
| I- Medidas de frecuencia con la Actividad Turtle Blocks:.....   | 191 |
| 21. Monitor de frecuencia 440 Hz.....   | 191 |
| II- Medidas de frecuencia con la Actividad Medir.....   | 193 |
| Resumen:.....   | 193 |
| Precisión en el cálculo de frecuencias:.....  | 193 |
| 22. Sonidos puros:.....   | 194 |
| Oscilograma de la señal producida por sonido de un diapasón.  |     |
| Cálculo del período y frecuencia.....   | 194 |
| Gráfica Amplitud en función de frecuencia.....  | 194 |
| $A=f(f)$ .....  | 194 |

|  |     |
|--|-----|
| 23.Superposición de dos Sonidos puros de frecuencias similares:<br>Batidos.....  | 196 |
| Oscilograma: Cálculo del período y frecuencia de la superposición.<br>Gráfica Amplitud en función de frecuencia $A= f (f)$ .....   | 196 |
| 24.Sonidos complejos musicales:.....   | 197 |
| Oscilograma de la señal producida por el sonido producido al pulsar la<br>cuerda de una guitarra en diferentes puntos. Cálculo del período y<br>frecuencia. Gráfica Amplitud en función de frecuencia $A= f (f)$ ..... | 197 |
| 25.Sonidos complejos musicales:.....   | 200 |
| Interacción entre las cuerdas de la guitarra. Resonancia. Gráfica<br>Amplitud en función de frecuencia $A= f (f)$ .....  | 200 |
| k. Otras aplicaciones.....   | 203 |
| 26.Modos Normales de oscilación de una placa metálica: Figuras de<br>Chladni.....  | 203 |
| 27.Modos Normales de oscilación de un aro metálico. Cuantización de<br>energías en el átomo de Hidrógeno (Hipótesis de de Broglie).....  | 205 |
| 28.Gramófono con XO.....   | 207 |
| 29.Cargador de XO como fuente de voltaje (fijo y ajustable): Montaje<br>de lámparas (iguales) en serie y paralelo.....   | 209 |
| 30.Espectro magnético de XO. Montaje de un motor eléctrico<br>utilizando el imán de cierre de XO.....  | 212 |
| Anexo 1: Tabla resumen y descripción de las programaciones TB (*.ta) y<br>Python (*.py) incluidas.....   | 215 |
| Anexo 2: Compatibilidad de las Actividades Experimentales con XO1.5HS<br>(SKU121) y XO1.75 (SKU206).....   | 219 |
| XO1.5HS (SKU121).....  | 219 |
| XO1.75 (SKU206).....   | 219 |
| Anexo 3: Actividades de difusión del Proyecto “Física con XO” (desde el<br>15/09/2009).....  | 221 |
| Anexo 4: “Física con XO” sin XO.....   | 225 |
| Anexo 5: Bibliografía y webgrafía consultadas.....   | 227 |



## 2 Prólogo:

En el mes de junio del año 2009 todos los alumnos de la Escuela Nº 224 de El Pinar (Canelones, Uruguay) recibían de Plan Ceibal su computadora portátil XO1. Entre ellos el menor de mis hijos siendo ese el primer contacto que tuvimos con esta netbook.

Investigando sobre su estructura y funcionamiento me enteré en la wiki de OLPC que la misma se había diseñado con una capacidad única: construir y programar sensores de bajo costo para medir magnitudes físicas. El paso siguiente era averiguar cuál de las Actividades incluidas en SUGAR permitiría programar la lectura de estos sensores: la que parecía más adecuada era "Medir", pero no admitía programación y los ambientes de programación incluidos no leían sensores. Es así como empecé un largo camino que comienza el 15 de setiembre de 2009 con el primer registro de los avances en el tema (desarrollados en el Laboratorio de Física del Liceo Solymar Nº1) y publicados en la página web "Física con XO"

<https://sites.google.com/site/solyamar1fisica/fisica-con-xo-investigacion-> y termina en este trabajo.

Son numerosas las personas que colaboraron con él; quiero destacar especialmente a Walter Bender (co-fundador de OLPC, actual Director ejecutivo de SUGARLABS) quien respondió en forma inmediata a mis consultas iniciales acerca de encontrar la Actividad adecuada y, posteriormente, a todas las demás. Él me contactó con Tony Forster, quien trabajaba intensamente en el tema en forma paralela desde Australia (trabajo documentado en la referencia SUGARLABS SENSORS). Su enorme generosidad con este trabajo fue un apoyo notable. Christoph Derndorfer (Austria) ha difundido varias de las aplicaciones aquí descritas en la página OLPC News.

En el conjunto de eventos de difusión de este Proyecto nos acompañaron y apoyaron la comunidad de ceibalJAM! (fundamentalmente a través de Gabriel Eirea), el equipo BUTIÁ (Andrés Aguirre, Alan Aguiar, Federico Andrade, Guillermo Reisch, Aylén Ricca y otros) de Facultad de Ingeniería (UdelaR), la Prof. Bettina Corti desde la Dirección del IPA, el Prof. Walter Fernández, Magela Fuzatti (Plan Ceibal), la Red de Apoyo al Plan Ceibal (RAP Ceibal), así como la gran cantidad de maestras, Profesores, estudiantes de Profesorado, escolares y liceales que asistieron a las conferencias, muestras y Talleres.

Agradezco a los colegas que accedieron a revisar el borrador del trabajo y lo mejoraron con sus aportes: Prof. Alejandra Delgado, Prof. Gustavo Castro, Prof. Pablo García y el Dr. Ismael Núñez.

Merece una mención especial el Profesor Daniel Baccino quien, además de revisar minuciosamente el trabajo en forma paralela a su elaboración, ha acompañado a construir y difundir este Proyecto participando en numerosas instancias. La experiencia de trabajar en equipo con él ha sido para mí muy enriquecedora.

Guzmán Trinidad



### **3 Protocolo de Investigación del Proyecto “Física con XO” presentado ante el Consejo de Educación Secundaria (CES)<sup>1</sup>**

#### **Resumen.**

El hardware de la XO fue diseñado con la posibilidad de conectarle sensores de fácil construcción y bajo costo, que la convierten en un poderoso instrumento de adquisición, tratamiento y almacenamiento de datos, permitiéndonos medir con ella gran variedad de magnitudes físicas como: voltaje, resistencia, nivel de iluminación, temperatura, campo magnético, etc. Esto permite utilizarla en actividades de Ciencias Naturales en ámbitos que se extienden desde Primaria (diseñando juegos y medidas elementales) y Ciclo Básico de Educación Media hasta Bachillerato de Secundaria y Educación Técnico- Profesional.

Podemos procesar la información de los sensores mediante la implementación de programas de computación escritos en ambientes de programación que se incluyen con el nombre de *Actividades* en cualquier XO. Las Actividades “Medir” y “TurtleBlocks” incluyen herramientas exclusivas para el procesamiento de lecturas que provienen de los sensores. El ambiente de programación *Actividad “Pippy”* es también una versátil herramienta para comenzar a programar en lenguaje Python, aplicándose también a este proyecto. También puede habilitarse la lectura de sensores a través de la Actividad “Scratch”.

A fines de 2009 comienzo a investigar acerca del uso de las XO (Plan Ceibal) como instrumento de medida, conectándola al mundo físico a través de sensores. Estas investigaciones se resumen en un Proyecto que llamo “Física con XO” y que he resumido en la página del mismo nombre alojada en el Site Google del Laboratorio de Física del Liceo Solymar N°1 (2009).

#### **Tema.**

XO, Sensores por entrada de micrófono, Hardware, Software, Programación “TurtleBlocks”, Manual de actividades experimentales de aplicación a las Ciencias Naturales.

#### **Problema.**

La netbook (o sub portátil) XO, como lo saben todos sus usuarios, puede grabar sonidos, emitirlos, tomar fotos y grabar vídeos, ya que tiene incorporados un micrófono, dos parlantes y una cámara digital. Pero además fue diseñada para poder medir voltaje DC y resistencia óhmica a través de su entrada de micrófono externo. Esto permite transformarla en una poderosa y versátil herramienta para realizar medidas de las más diversas magnitudes físicas. Mediante el diseño, calibrado y montaje de sensores apropiados y de bajo costo (hemos fijado como límite máximo al costo de sensores y/o accesorios para cada aplicación concreta los

---

<sup>1</sup> Se presenta como Introducción este *Protocolo de Investigación* que fuera presentado ante el CES a fines de 2011 en oportunidad de solicitar la licencia especial Art. 75 de Estatuto del Funcionario Docente para escribir este trabajo.\_

\$U 200, unos 8€ o U\$S 10), podemos transformar esta netbook para utilizarla en numerosas aplicaciones.

Esta característica generalmente es desconocida por los usuarios de las XO, tanto estudiantes como docentes con lo cual se las está sub utilizando y estamos perdiendo una oportunidad excepcional de darle un uso insospechado que fomentaría la creatividad de nuestros estudiantes, concretando la síntesis entre hardware y software dentro de una filosofía de apropiación de la tecnología y empoderamiento de estas herramientas, en contraste con las aplicaciones clásicas de usuario.

Existe además un problema agregado: mientras que todos los escolares y liceales del país cuentan con una netbook XO<sup>2</sup> que posee por su diseño de hardware esta notable capacidad de medida, a los maestros se les sustituyó la suya original por una Olidata Jump PC y a los docentes de Secundaria se les comenzó a entregar uno de los modelos de Magalhães, cuando ninguna de estas dos netbooks posee las capacidades de la XO que tienen sus alumnos. Esto imposibilita en términos prácticos la exploración por parte de los maestros y profesores de todo lo que pueden desarrollar los estudiantes con sus XO. Se hace urgente entonces acercar todo este conocimiento a los docentes ya que en forma práctica no tienen acceso a él más que en forma lateral y/o indirecta.

## **Justificación.**

Son nuestros docentes, Maestros y Profesores los que tienen el derecho de conocer las potencialidades de esta herramienta y hacia los cuales dirigimos este Proyecto; ellos en cada una de sus clases sabrán aplicar estas ideas fermentales a las actividades que consideren útiles. También se trata de un conjunto de saberes que los estudiantes tendrán en sus manos para explorar y compartirlos en instancias informales, ya que poseen un enorme componente lúdico.

## **Hipótesis.**

En el año 2012 la primer generación de alumnos que accedió al Plan Ceibal estará cursando el 1er año de Bachillerato, por lo cual debe imprimirse una nueva dimensión en el uso de esta herramienta en su interacción con el mundo físico, iniciando a estos jóvenes en las bases del muestreo automático de datos y el control computarizado (lo cual constituye a la vez una introducción a la robótica).

## **Marco teórico.**

El Proyecto OLPC (una computadora portátil por niño) es una idea creada en 2005 por el Media Lab del MIT (Instituto Tecnológico de Massachusetts) que fue presentada en enero de 2006 en el Foro Económico Mundial en Davos (Suiza) por Nicholas Negroponte, uno de sus cofundadores. Se trata de un proyecto basado en ideas de Seymour Papert<sup>3</sup>, Alan Kay<sup>4</sup> y otros, que tiene como objetivo entregar una computadora portátil con conexión a Internet a aquellos niños que nunca tuvieron acceso a ella. Se trata de un Proyecto Educativo basado en el construccionismo (Papert) y el software libre. Uruguay, a iniciativa del Presidente Tabaré Vázquez, fue el primer país del mundo que aplicó el proyecto dando acceso a la totalidad de los alumnos y maestros de la enseñanza pública primaria a través del Plan Ceibal.

<sup>2</sup> A excepción de los liceales de Canelones a los cuales se les entregó uno de los modelos de JP SA Couto Magalhães (conocida como "Magallanes" MG2)

<sup>3</sup> Seymour Papert es un pionero de la inteligencia artificial, inventor del lenguaje de programación LOGO en 1968. Es considerado como un destacado científico computacional, matemático y educador. Trabajó en estrecha colaboración con el psicólogo educativo Jean Piaget.

<sup>4</sup> Informático estadounidense, uno de los padres de la Programación Orientada a Objetos y creador del *Dynabook* el cual definió las bases de las computadoras portátiles y tablets.

En palabras de uno de sus so-fundadores: *“Una Laptop por Niño es un proyecto para la transformación de la educación. Se trata de darle una oportunidad de aprender a niños que carecen de ella. Es una cuestión de acceso, de equidad, y de darle a la próxima generación de niños en el mundo en desarrollo un futuro brillante y abierto.”* **Walter Bender**, Presidente para Programación y Contenido de OLPC<sup>5</sup>.

Nuestro país ha sido desde los comienzos de la aplicación del Plan Ceibal foco de la atención mundial en cuanto a cómo se desarrollaba el mismo y qué incidencia tenía de acuerdo a los objetivos planteados. Se trata de una experiencia única en la cual somos ejemplo para enorme cantidad de comunidades que se proponen su aplicación. Como en tantas otras ocasiones, debemos estar a la altura de nuestra historia fijando rumbos ante la opción entre la apropiación de la tecnología y la inclusión o, por el contrario, la dependencia.

## **Fundamentación de la importancia del proyecto para la educación.**

Todas las aplicaciones a proponer no necesitan de un software especial que las ponga en funcionamiento ni limite la inventiva de nuestros alumnos, ya que si se desea mostrar en pantalla el dato medido por el sensor, registrar una tabla de valores o bien hacer una gráfica de las lecturas medidas en función del tiempo, todo ello lo realiza un programa que escriben los propios estudiantes según los objetivos que se fijan y su creatividad. Estamos ante un proyecto que no reduce al adolescente a la posición de mero usuario u operador, sino que lo está formando como un ingeniero en potencia que construye un programa a su medida, como una muestra de lo que será capaz de hacer si se dedica a ello en el futuro; y en caso de no ser así, se le brinda a todos la oportunidad de crear, al menos una vez, un programa de computación, poniendo a prueba la consistencia lógica de sus razonamientos al intentar ejecutar el código de programación escrito, experimentando la “lógica viva” (como un homenaje al Dr. Carlos Vaz Ferreira).

El ambiente gráfico de programación que se utilizará en forma fundamental es la Actividad “TurtleBlocks” (más conocida como “Tortugarte”) la cual constituye una poderosa herramienta (cuyo uso es muy intuitivo y sencillo) que está instalada en todas las XO.

Este Proyecto fomenta claramente los desarrollos nacionales promoviendo la formación de nuestros jóvenes en la construcción de tecnología apropiada y adaptada a nuestro país. Fue construido no obstante en forma colaborativa con muchos desarrolladores y voluntarios de OLPC a nivel nacional e internacional.

---

<sup>5</sup> Entrevista del 24 de Abril de 2007, consultado en [http://wiki.laptop.org/go/El\\_Wiki\\_de\\_la\\_OLPC](http://wiki.laptop.org/go/El_Wiki_de_la_OLPC) el 20/09/2011, 22:50 hs. Hoy Walter es Director Ejecutivo de **Sugar Labs** (<http://www.sugarlabs.org/>). Puede consultarse acerca de su alejamiento de OLPC en: [http://www.olpcnews.com/people/leadership/walter\\_bender\\_resigned\\_from\\_olpc.html](http://www.olpcnews.com/people/leadership/walter_bender_resigned_from_olpc.html)



## 4 Guía de lectura: cómo encontrar lo que pueda interesarle.

“Física con XO” pretende ser un Proyecto muy amplio que cada cual puede recorrer a su manera.

a- Si su interés es la respuesta a la pregunta “¿qué puedo hacer con una XO en aplicaciones en Física?” visite la serie de vídeos *YouTube* (de un minuto de duración promedio) que puede encontrar en:

<https://sites.google.com/site/solymar1fisica/fisica-con-xo-investigacion-/videos-youtube-fisica-con-xo>

b- Si está interesado en desarrollar las Actividades Experimentales que no impliquen riesgo para su XO (por errores en conexiones, etc.) puede ir directamente al **capítulo 14 Actividades Experimentales** y buscar aquellas que estén identificadas con el código **SR, SI o X** en la celda de la esquina superior derecha de cada cuadro *Actividad Experimental* (aquellas Actividades identificadas con el código **SV** involucran conocimientos más profundos).

Todas las programaciones pueden descargarse de:

<https://sites.google.com/site/solymar1fisica/programas-tb>

c- Si desea estudiar el tema con la profundidad que hemos podido darle, puede comenzar la lectura lineal del trabajo en el orden establecido, teniendo en cuenta que el **capítulo 9 Exactitud y Precisión de la conversión Analógica a Digital** es el más técnico del conjunto. Puede remitirse a las conclusiones del mismo en una primera lectura.

d- Si Ud. no cuenta con una XO, puede leer el **capítulo 14 Actividades Experimentales** para luego averiguar cómo aplicar lo que aquí se describe en el **Anexo 4: “Física con XO” sin XO**

## 5 El software y el hardware de la XO. Interacción con el mundo físico.

### 5.1 Software:

La XO1 (“ceibalita verde”), entregada a cada niño y maestro de las escuelas públicas de todo el país cuando se inició la aplicación del Plan Ceibal, tiene instalado el sistema operativo Linux con una versión liviana de la distribución Fedora y una interfaz gráfica de usuario (GUI por su sigla en inglés) llamada SUGAR; esta interfaz fue especialmente diseñada para que los niños exploren, descubran y puedan crear trabajando en forma colaborativa: *“Esta interfaz se basa en tres principios muy simples sobre lo que nos hace humanos: (1) todo el mundo es un maestro y un alumno, (2) los seres humanos por su naturaleza, son seres sociales, y (3) los seres humanos por su naturaleza, son expresivos”*

SUGARLABS SUGAR.

SUGAR fue escrito en el lenguaje de programación (interpretado) Python (Python (1990-2012)) y se trata de software libre; la cultura del software libre es una poderosa cultura de aprendizaje; se trata de un concepto radicalmente distinto al de software propietario de uso tan extendido en nuestro medio; una cultura que fomenta el espíritu crítico, la libertad de actuar y la crítica de las ideas. Probablemente el desarrollo y la repercusión del Proyecto OLPC se debe a que fue abrazado desde sus inicios por la comunidad mundial de software libre integrada por una enorme cantidad de colaboradores y creadores en intercambio permanente.

Según puede leerse en wikipedia SUGAR: *“Sugar está desarrollado en base a la metáfora del patio de recreo. Puesto el foco en niños y niñas de 6 a 12 años de edad, el sugar es una GUI pensada para compartir actividades en red con otros chicos del colegio. Cada actividad puede ser mostrada en la red interna que es representada como una vista en planta de un patio escolar. Las 4 vistas del Sugar: vecindario, grupo de amigos, yo y mi diario representan primero el ámbito espacial donde se desenvuelve el chico yendo cada vez más cerca hacia él mismo y las actividades disponibles en su computadora hasta llegar a un diario personal de todas las actividades y trabajos realizados por el alumno y sus amigos de grupo.*

*El Sugar está inspirado en el trabajo del Dr. Alan Kay en el Xerox PARC en el desarrollo de una computadora personal para niños llamada “Dynabook”.*

El Trabajo del Dr. Alan Kay es tal vez el primero que hace referencia al concepto de una “máquina de los niños”, el *Dynabook*, una tablet que tiene su primera versión en el diseño de XO1. Sugerimos la lectura del artículo *“A Personal Computer For Children Of All Ages”* de Alan C. Kay, Xerox Palo Alto Research Center, (Originally

published in the Proceedings of the ACM National Conference, Boston Aug. 1972), transcrito en Kay (1972).

Por una detallada descripción de los orígenes de SUGAR y su desarrollo, consultar Bender (28/12/2011).

## 5.2 Hardware. Interacción con el mundo físico.

Una computadora puede interactuar con el mundo físico a través de dispositivos conocidos como periféricos. Estos pueden clasificarse en:

- periféricos de entrada/salida (como los puertos USB),
- periféricos de salida (como el monitor, o los parlantes incorporados) así como
- periféricos de entrada (como el teclado, el Mouse, la cámara y el micrófono incorporados)

Las netbooks XO interactúan con su entorno a través de dispositivos de entrada y salida incorporados y a través de sus 3 puertos USB 2.0. En el caso de la XO1 (CL1A) los dispositivos de entrada son:

- El *teclado*
- El *touchpad* (con botón derecho e izquierdo)
- El *gamepad* con cuatro botones de dirección
- El *botón de rotación del display*
- Los cuatro botones de juego (círculo, cuadrado, ok y equis)
- El botón de encendido/apagado
- La cámara incorporada
- El micrófono incorporado y entrada de micrófono externo
- Sensores magnéticos incorporados para detectar si la XO está cerrada (con lo cual se puede suspender o apagar) o si la pantalla está rotada para habilitar el modo *ebook* (para el cual continúa encendida).

Y los dispositivos de salida son:

- La pantalla
- Parlantes incorporados y salida de línea.

Fuente: OLPC XO1

## Características exclusivas de los periféricos de la XO

### **La cámara incorporada.**

En el proceso de diseño de las netbooks del proyecto OLPC se decidió utilizar una variante en las características del hardware y software de control de la cámara para ampliar sus capacidades.

Según las especificaciones de hardware OLPC XO, se incorpora a la derecha de la pantalla una cámara de video de lente fijo, resolución 640x480, y frecuencia máxima de 30 cps (cuadros por segundo - FPS / frames per second), Omnivision OV7670. Los parámetros de control de la misma pueden ajustarse por software para permitir su utilización como un sensor fotométrico para aplicaciones educativas. Si bien esta potencialidad está prevista, actualmente puede utilizarse como sensor fotométrico únicamente en forma cualitativa.

Un led verde ubicado por encima de la cámara se enciende cuando esta se encuentra en funcionamiento.

### **La pantalla:**

La pantalla funciona en dos modos de alta resolución: un modo de alto color transmisor y un modo reflectivo de alta resolución para permitir que sea legible bajo luz solar. Este último fue pensado para que los niños puedan utilizar la netbook al aire libre durante el día (como por ejemplo en el patio de recreo de su escuela o en una plaza). En el diseño de la XO1.75 se ha incorporado un sensor de luz que realiza un ajuste automático entre los modos de la pantalla adaptándose al nivel de luz existente (OLPC News XO1.75).

### **La placa de sonido. Especificaciones técnicas de la placa de la XO.**

Un componente incorporado en el hardware de cualquier computadora moderna es la placa (o tarjeta) de sonido la cual suele estar integrada en la placa madre (motherboard). Se trata del conjunto de componentes electrónicos dedicado (básicamente) al procesamiento de las señales de audio. Para su correcto funcionamiento debe instalarse el controlador de dispositivo (*driver*), un software específico diseñado para ella.



Las señales que se intercambian con la placa son oscilaciones eléctricas y pueden clasificarse en **señales de entrada** y **señales de salida**. Estas señales ingresan o egresan de la placa conectando dispositivos de entrada (micrófono) o salida (auriculares o parlantes amplificados) a la placa: esta conexión se realiza mediante los conectores de audio macho (*plug* en inglés) unidos al dispositivo a conectar y los conectores de audio hembra (*socket* en inglés) incorporados a la misma. Actualmente los conectores hembra de la placa pueden identificarse mediante un código de colores: por ejemplo la entrada de micrófono externo es de color rosado mientras que la salida de línea es de color verde.

En la XO se utilizan conectores de audio de dos contactos cilíndricos estándar TS (mono) o de tres contactos TRS (estéreo) de 3.5 mm de diámetro (como el que aparece en la foto frente a la entrada de micrófono externo de XO1). La placa de sonido de la XO provee tanto entradas como salidas de audio interna y externamente.

### **Los parlantes incorporados**

Se incorporan dos parlantes (con salida estéreo) ubicados a los lados de la pantalla. Los mismos responden a un rango de frecuencias entre 480 Hz y 40 kHz. El amplificador interno puede proveer 1.4 w en forma continua a cada uno de ellos.

### **Conector externo para auriculares o parlantes (salida de línea *line out*):**

Al conectarse un auricular o parlantes externos amplificados a este conector se deshabilitan los parlantes internos. El amplificador interno puede proveer a los auriculares 30 mW en forma continua bajo una impedancia de 32 ohm.

### **El micrófono incorporado:**

Se incorpora un micrófono capacitor electret (mono) ubicado a la izquierda de la pantalla. Un led verde ubicado por encima del mismo se enciende cuando se encuentra en funcionamiento.

### **Conector externo para micrófono, interruptor y sensores:**

En el proceso de diseño del hardware para las netbooks del proyecto OLPC se decidió utilizar una variante en las características de la entrada de micrófono externo para ampliar sus capacidades y poder utilizarla como interfaz de adquisición de datos mediante la conexión de sensores. En esta entrada puede conectarse un micrófono capacitor electret externo, un interruptor u otro sensor.

**XO1 (CL1A):** el subsistema de audio está basado en el Audio códec '97 estándar (OLPC XO1). La entrada de micrófono externo es **monoaural (mono)** disponiéndose de un preamplificador de ganancia programable. Puede conectarse por software un capacitor de bloqueo DC en esta entrada para medir señales de audio o AC. Para utilizar esta entrada en modo sensor el capacitor debe desconectarse. Puede aplicarse un voltaje de polarización de 2v en esta entrada controlado por software. Esto se utiliza si se quiere alimentar un micrófono capacitor electret externo o si se desea sensar si un interruptor externo conectado está abierto o cerrado.

El chip de audio Analog Devices AD1888 (Analog Devices (2003)) tiene la capacidad de medir voltajes de corriente continua. La configuración de la entrada de micrófono externo para el modo sensor se realiza a través del programa de control de audio llamado *Alsamixer*; puede incorporarse un interruptor electrónico controlado mediante la opción "Analog Input". El filtro pasa alto puede ser habilitado/deshabilitado mediante la opción "High Pass Filter". La aplicación de un voltaje de polarización se realiza mediante la opción "V\_REFOUT".

**XO1.5 (CL1B):** el subsistema de audio está basado en el Audio códec HD estándar (OLPC XO1.5). La entrada de micrófono externo es **estéreo** disponiéndose de un preamplificador de ganancia programable. Puede conectarse por software un capacitor de bloqueo DC en esta entrada para medir señales de audio o AC. Para

utilizar esta entrada en modo sensor el capacitor debe desconectarse. Puede aplicarse un voltaje de polarización de 1.5v o 2.5V en esta entrada controlado por software.

**XO1.75 (CL2):** el subsistema de audio está basado en el Audio códec I2S (OLPC XO1.75). La entrada de micrófono externo es **estéreo** disponiéndose de un preamplificador de ganancia programable. Puede conectarse por software un capacitor de bloqueo DC en esta entrada para medir señales de audio o AC. Para utilizar esta entrada en modo sensor el capacitor debe desconectarse. Puede aplicarse un voltaje de polarización de 2v o 2.5V en esta entrada controlado por software.

### 5.3 Sensores mic para XO:

La netbook XO del proyecto OLPC que se ha distribuido en Uruguay a través del Plan Ceibal en cualquiera de sus modelos XO1, XO1.5, XO1.5 lite, así como la XO1.75 (la cual incorpora sensor de luz y acelerómetro de 3 ejes), y el prototipo de la XO-3 (OLPC XO3) admiten la lectura de voltaje AC, sensores de voltaje DC y resistivos conectados a la entrada de micrófono externo. La lectura de los mismos puede hacerse con algunas de las Actividades incluidas en su interfaz gráfica de usuario (GUI) SUGAR como **Medir**, **TurtleBlocks** y **Scratch**. En el presente trabajo se profundiza el uso de sensores mediante las primeras dos actividades antes mencionadas.

De acuerdo a las características de hardware antes descritas se desprende que en XO1 puede conectarse un sensor por vez (entrada de micrófono externo mono) mientras que en la XO1.5 y XO1.75 (entrada de micrófono externo estéreo) pueden conectarse dos sensores en forma simultánea lo cual multiplica las aplicaciones a diseñar con ellas.

Las potencialidades de estos sensores consisten en la simplicidad de montaje y su bajo costo, así como la posibilidad real de escribir los programas más diversos que interactúen con la información leída ejecutando las respuestas más amplias que pueda imaginarse. Como no existe límite a la creatividad pueden aplicarse a una enorme gama de objetivos.

Mediante conexión directa a la entrada de micrófono externo pueden leerse voltajes alternos, continuos y resistencia, pero puede ampliarse la capacidad de medición si se dispone de *transductores*: dispositivos electrónicos que producen voltajes o resistencias proporcionales al valor de alguna magnitud física que se desea medir. En base a ellos se fabrican sensores. Algunos ejemplos:

- Sensor de temperatura (por ejemplo el LM35): un componente que produce un voltaje proporcional a la temperatura a la cual se encuentra
- Sensor Hall (por ejemplo el A1302): un componente que produce un voltaje proporcional a la intensidad de campo magnético dentro del cual se encuentra.
- Potenciómetro: un componente cuya resistencia depende del ángulo de giro que su eje forma con una posición de referencia (como los que encontramos como control de volumen o tono en un equipo de audio).
- LDR: un componente cuya su resistencia depende del nivel de iluminación (iluminancia) sobre él

- Termistor: un componente cuya resistencia depende de la temperatura a la cual se encuentra

Al integrar estas capacidades y admitir el uso de sensores, estamos utilizando la XO (junto al software y programas que crearemos) como un dispositivo conocido con el nombre de **interfaz AD de adquisición de datos**, convirtiéndola en un poderoso instrumento de medida para uso en Laboratorios de Física, Química y Biología. Si bien estos dispositivos han sido integrados al trabajo en Laboratorios de Física de Secundaria del país desde hace décadas es a partir del Plan Ceibal que tenemos la oportunidad que cada estudiante cuente con el suyo.

## **Traducción de las medidas físicas en datos que puede interpretar y procesar una computadora:**

### **Conversión Analógica a Digital:**

Cuando un sonido alcanza la membrana sensible de un micrófono, produce en ella oscilaciones mecánicas. El micrófono convierte estas vibraciones en oscilaciones eléctricas, las cuales consisten en un conjunto de valores de voltaje que varían en el tiempo en forma continua conocido usualmente con el nombre de *señal analógica*. Se trata de voltajes alternos (corriente alterna CA u alternating current AC).

Si se desea que una computadora procese la *señal analógica* obtenida en el micrófono, se la deberá traducir previamente a un formato que esta pueda procesar, conocida como *señal digital*. La misma consiste en un conjunto discreto de valores enteros que se obtienen a partir de la *señal analógica* original. Esta traducción es necesaria ya que la computadora procesa únicamente *señales digitales*.

El circuito electrónico que realiza dicha traducción se conoce como conversor analógico a digital (ADC por su sigla en inglés).

### **Conversión Digital a Analógica:**

En forma inversa al proceso descrito anteriormente, una señal digital de audio proveniente de un archivo digital (como por ejemplo un \*.mp3) para poder transformarse en sonido debe convertirse previamente en una señal analógica mediante un circuito llamado conversor digital a analógico (DAC por su sigla en inglés), el cual realiza la función inversa del ADC. Es esta señal de audio analógica la que alimenta la salida de línea *line out* de la placa de sonido para producir el sonido en nuestros auriculares o parlantes amplificados.

Tanto el ADC como el DAC se encuentran (por ejemplo) en la placa de sonido de cualquier computadora.

## 6 Antecedentes de uso de interfaces de adquisición de datos en Laboratorios de Física de Educación Secundaria Pública.

Muchos de los Laboratorios de Física del CES comenzaron a trabajar hace décadas con interfaces de adquisición de datos.

La primera de ellas (de la cual tenemos conocimiento) fue diseñada y construida en nuestro país; sobre fines de la década de 1980, los profesores Juan Correa y Pablo García del Instituto N° 6 “Francisco Bauzá” diseñaron la interfaz de adquisición de datos “Dédalo” para los microcomputadores basados en el microprocesador Z80.

*Fuente:* Correa & García (1991)

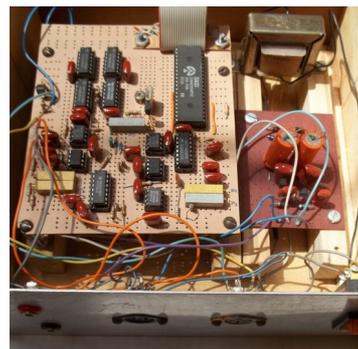
Algunas de las marcas comerciales de estos microcomputadores eran el modelo Spectrum de Sinclair o la TK95 de Microdigital.

Las siguientes guías de laboratorio son evidencia del uso del sistema “Dédalo” en el Instituto mencionado:

1. “Carga de un condensador”, GARCÍA, P., Agosto de 1991.
2. “Momento de Inercia”, CORREA, J., GARCÍA, P., Julio de 1992
3. “Ley de Faraday”, CORREA, J., GARCÍA, P., Julio de 1992
4. “Sistema masa resorte”, GARCÍA, P., TERRA, L., Marzo de 1995
5. “Impulso y cantidad de movimiento”, GARCÍA, P., TERRA, L., Agosto de 1995

Entre los años 1992 y 1994 en el Laboratorio de Física del Liceo Solymar N°1, cuyo Coordinador era el Prof. Juan Francisco Pannone, gracias a la ayuda y precisas instrucciones de montaje del Profesor Pablo García construimos una “Dédalo” que utilizaron nuestros alumnos en los cursos de Práctico de Física.

La foto de la izquierda muestra el sistema completo: pasacasette (desde donde se carga el programa), TV (utilizado como monitor), micro computador “Spectrum” (frente a la TV) e interfaz “Dédalo” (a la derecha). En la foto de la derecha se muestra la placa de circuito y de alimentación de la interfaz.



En el año 1994 se distribuye en todos los liceos de bachillerato equipamiento de Física acompañado por PC y la interfaz de adquisición de datos “CASSY-E” de la firma alemana Leybold. Esta generalización en el acceso a esta tecnología fue seguida por gran cantidad de profesores de Física, los cuales se volcaron a su uso en los cursos de secundaria y en investigaciones. Una evidencia de ello es la gran cantidad y variedad de artículos publicados en la Revista “Educación en Física” de la Asociación de Profesores de Física del Uruguay (A.P.F.U.) (ver APFU):

1. GARCÍA, P., "Construcción de cajas de sensor para Interfases Cassy", Vol. 2, Nº 3, Agosto de 1996.
2. GÓMEZ, E., MAYERO, M., "Registrando distintas cantidades de magnitud con el ordenador", Vol. 4, Nº 1, Julio de 1998.
3. COLLADO, O, DELGADO, A., FALCÓN, S., PRIETO, O., RAMÍREZ, S., "1. Movimiento Circular" y
4. BACCINO, D., COSTA, A., ECHENIQUE, J., MIRIANCO, V., VARAKSA, C., "2. Proyectil con salida horizontal", Vol. 5, Nº 2, Diciembre de 1999.
5. ECHARTE, A., GARCIMARTÍN, M., "Laboratorio II", Vol. 6, Nº 2, Setiembre de 2000
6. CASTRO, G., SÁNCHEZ, E., SUÁREZ, R., VILLAMIL, A., "Sensor de posición angular", Vol. 6, Nº 4, Agosto de 2001
7. CÁCERES, J., "Sensor óptico para medir frecuencia de luz Estroboscópica", Vol. 6, Nº 5, Diciembre de 2001
8. BARNECH, A., DE SOUZA, A., TRINIDAD, G., "Resonancia en sistemas mecánicos", Vol. 6, Nº 6, Setiembre de 2002.

Desde entonces se han sumado otras interfaces, lo cual demuestra que han sido naturalmente asimiladas al trabajo en el Laboratorio de Física como un instrumento de medida más, entre la variedad existente.

La Asociación de Profesores de Física del Uruguay (A.P.F.U), fundada en el año 1989, ha organizado y desarrollado desde sus comienzos actividades vinculadas a la difusión y el perfeccionamiento docente en temas vinculados al uso de computadoras, Interfaces de Adquisición de datos y Robótica en la enseñanza de la Física.

A continuación se listan a modo ilustrativo las actividades desarrolladas solamente entre los años 1989 y 1999:

### **Encuentros Nacionales de Profesores de Física (E.N.P.F.) Encuentros Internacionales de Educación en Física (E.I.E.F.)**

#### **II E.N.P.F.**

"Jornadas de actualización docente"

10 al 15 de Diciembre de 1990. Instituto de Profesores "Artigas". Montevideo.

#### *Talleres:*

"Interface entre un microcomputador y la experiencia en el Laboratorio de Física", Pablo García, Juan Correa.

#### **III E.N.P.F. y I E.I.E.F.**

21 al 25 de Setiembre de 1992, Montevideo.

#### *Taller:*

"La computadora como herramienta de cálculo en la Enseñanza de la Física" Carlos Zamalvide, Pablo García.

#### **IV E.N.P.F. y II E.I.E.F.**

12 al 16 de Diciembre de 1994, Montevideo.

#### *Talleres:*

"Robótica y Enseñanza".G. Ghilardi, F. Varsi (ESEEC "F. Arias", UTU)

"Aplicaciones del CASSY desde el punto de vista didáctico y experimental asistidos por el computador INFED 2000". M. Baudín, M. Vacca, M. Jubín, E. Gómez.

#### **VI E.N.P.F. y III E.I.E.F.**

16 al 20 de Setiembre de 1996, La Paloma, Rocha.

*Talleres:*

“La Interfaz CASSY en los laboratorios de Física de los liceos de Educación Secundaria” Juan Pablo Forcheri-Alejandro Villamil

“Tratamiento de datos experimentales con el computador en la Enseñanza de la Física” Pablo García-Lucía Terra.

**VIII E.N.P.F. y IV E.I.E.F.**

Colonia del Sacramento, Colonia, 21 al 25 de Setiembre de 1998

*Ponencias:*

“Robótica Educativa: Su importancia en el aprendizaje de las ciencias”  
José Miguel García

*Talleres:*

“Sonido, computadora y fourier”, Carlos Zamalvide, Pablo García, Alejandro Villamil

**Brito & Trinidad (2006)**

## 7 La Actividad MEDIR (versiones 31, 36 y 42).

La interfaz gráfica de usuario (GUI) SUGAR incluye una herramienta muy potente para el trabajo en Física Experimental y Acústica Musical: su Actividad MEDIR (SUGARLABS MEASURE); con ella la XO se transforma en un **osciloscopio** de trazo simple (XO1) o doble (XO1.5 y XO1.75) mediante el cual podemos analizar los sonidos que XO registra con su micrófono incorporado o los valores de Voltaje o Resistencia que puede leer a través de su entrada de micrófono externo. El sonido registrado por el micrófono puede analizarse en gráficas que despliegan la señal obtenida en función del tiempo (conocidas como *oscilogramas*), o bien en gráficas Amplitud en función de la frecuencia (**A=f (f)**).

La Actividad MEDIR también permite leer valores de **Voltaje** y **Resistencia** a través de un cable de audio conectado a su entrada de micrófono externo, valores que se muestran en pantalla como se detalla a continuación en la descripción de la Barra de Herramientas de sus versiones 31 (muestra la lectura de voltaje y resistencia como un número entero a calibrar), 36 (muestra las medidas de voltaje y resistencia ya calibradas en volt u ohm, incorporando la lectura en doble canal) y 42 (incorpora en pantalla líneas de referencia de frecuencias fundamentales y sus armónicos para afinar diversos instrumentos musicales).

### 7.1 Actividad MEDIR v.31: Barra de Herramientas

En el área de pantalla (22 DIV en abscisas x 14 DIV en ordenadas) se despliega un oscilograma Voltaje= f (tiempo) (Modo SONIDO, Línea de base tiempo) o un gráfico de FFT Amplitud = f (frecuencia) (Modo SONIDO, Línea de base frecuencia), o bien un oscilograma Medida= f (tiempo) donde se representa en ordenadas el valor leído por el sensor de Resistencia o Voltaje (de acuerdo a lo seleccionado). En la barra inferior se indica el entero producto de la conversión AD, como muestra el ejemplo:

Sensores, CC: conecte el sensor a la entrada de micrófono (rosada) en el lado izquierdo de la XO.  
Sesgo/excedente deshabilitado Voltios (-32768)

| Barra de herramientas Actividad MEDIR v.31  |  |
|---|--|
| 01-Barra de herramientas PROYECTO:  |  |
|   |  |
| a-Título del Proyecto<br>b-Botón "Compartir" (grisado, no disponible)<br>c-Guardar una copia  |  |
| 02-Barra de herramientas CONFIGURACIÓN, Sonido, línea de base tiempo:   |  |
|   |  |
| a-Base de tiempo (seleccionado, ver cuarto ícono de la barra superior)<br>b-Línea de base de frecuencia (grisado)<br>c-Botón "Pausar imagen" (congela la pantalla)<br>d-Desplegable "Intervalo de muestra": cada 30 sec., 2 min., 10 min., 30 min.<br>e-Botón "Capturar muestra ahora"<br>f-Desplegable "Crear un indicador": Borde subiendo, Borde cayendp (sic) (habilita un cursor en el centro e izquierda de la pantalla). |  |

**Control de sensibilidad:**

Se ajusta con la barra deslizante vertical ubicada a la derecha de la pantalla (Arriba: máxima sensibilidad)

**Control de Barrido Horizontal:**

Barra deslizante (5º ícono en la Barra superior)

Este control permite seleccionar entre 0.05 ms/DIV y 1.0 ms/DIV (por omisión: 0.5 ms/DIV). Las selecciones se indican en la barra inferior como muestra el ejemplo:

Sonido Base de tiempo  
Eje X: 1 división = 0.5 ms

03-Barra de herramientas CONFIGURACIÓN, Sonido, línea de base frecuencia:



a-Base de tiempo (grisado)

b-Línea de base de frecuencia (seleccionado, ver cuarto ícono de la barra superior)

c-Botón "Pausar imagen" (congela la pantalla)

d-Desplegable "Intervalo de muestra": cada 30 sec, 2 min., 10 min., 30 min.

e-Botón "Capturar muestra ahora"

f-Desplegable "Crear un indicador": Borde subiendo, Borde cayendp (sic)

**Control de sensibilidad:**

Se ajusta con la barra deslizante vertical ubicada a la derecha de la pantalla (Arriba: máxima sensibilidad)

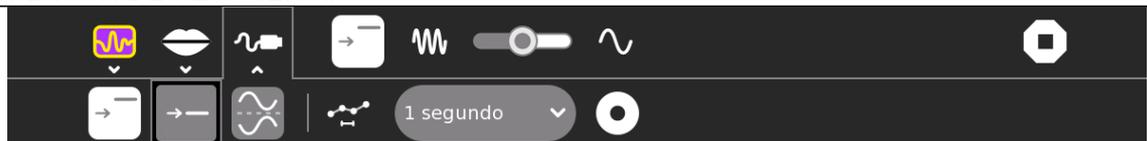
**Control escala horizontal:**

Barra deslizante (5º ícono en la Barra superior)

Este control permite seleccionar entre 10 Hz/DIV y 1000 Hz/DIV (por omisión: 500.0 Hz/DIV). Las selecciones se indican en la barra inferior como muestra el ejemplo:

Sonido Línea de base de frecuencia  
Eje X: 1 división = 500.0 Hz

SENSOR DE RESISTENCIA



a-Sensor de Resistencia (seleccionado, ver cuarto ícono de la barra superior)

b- Sensor de Voltaje (grisado)

c-Botón "Invertir"

d-Desplegable: 1/10 s, 1 s, 30 s, 5 min., 30 min.

e-Botón "Iniciar la grabación"

**Control de sensibilidad:**

Se ajusta con la barra deslizante vertical ubicada a la derecha de la pantalla (Arriba: máxima sensibilidad)

SENSOR DE VOLTAJE



a-Sensor de Resistencia (grisado)

b- Sensor de Voltaje (seleccionado, ver cuarto ícono de la barra superior)

c-Botón "Invertir"

d-Desplegable: 1/10 s, 1 s, 30 s, 5 min., 30 min.

e-Botón “Iniciar la grabación”

**Control de sensibilidad:**

Se ajusta con la barra deslizante vertical ubicada a la derecha de la pantalla (Arriba: máxima sensibilidad)

## 7.2 Actividad MEDIR v.36: Barra de Herramientas

En el caso de trabajar con XO 1.5 o XO 1.75, esta versión de MEDIR nos muestra en pantalla el valor leído por los sensores conectados a cada canal, ya que la entrada de micrófono externo de estos modelos es estéreo, pudiendo sensor dos magnitudes a la vez. Si se trabaja con XO1, solamente se muestra el canal izquierdo (CHL)

En el área de pantalla (20 DIV en abscisas x 14 DIV en ordenadas) pueden mostrarse:

- a- Un oscilograma (doble) Voltaje= f(tiempo) (Modo SONIDO, Línea de base tiempo),
- b- un oscilograma (doble) FFT Amplitud = f(frecuencia) (Modo SONIDO, Línea de base frecuencia), o bien
- c- un oscilograma (doble) Medida = f (tiempo) donde las ordenadas son proporcionales al valor leído por cada sensor de Resistencia o Voltaje (de acuerdo a lo seleccionado).

En Modo sensor, la barra inferior muestra el valor de Resistencia o Voltaje leído por cada uno de los sensores conectados a los canales izquierdo (CHL) y derecho (CHR) de la XO 1.5 o 1.75, como muestra el ejemplo:

Sensor de resistencia (introducir el sensor en la entrada de micrófono de color rosa en el costado izquierdo de la XO)  
Resistencia (Ohms) (42000000) (12673050)

| Barra de herramientas Actividad MEDIR v.36   |
|--|
| 01- Barra de herramientas PROYECTO:  |
|  |
| a-Título del Proyecto<br>b-Botón “Compartir” (grisado, no disponible)<br>c-Guardar una copia   |
| Barra superior, 5º ícono: Botón “Congelar la pantalla”<br>Barra superior, 6º ícono: Botón “Capturar muestra ahora”<br>Barra superior, 7º ícono: salir de la Actividad  |
| 02- Barra de herramientas CONFIGURACIÓN, SONIDO, Línea de base tiempo:   |
|  |
| a- SONIDO (seleccionado, ver tercer ícono de la barra superior)<br>b- Sensor de Resistencia (no seleccionado)<br>c- Sensor de Voltaje (no seleccionado)<br>d- Línea de base de tiempo (seleccionada)<br>e- Desplegable “Intervalos entre muestras”: 1/10 s, 1 s, 30 s, 5 min., 30 min.<br>f- Botón “Iniciar Grabación” |

**Control de sensibilidad:**

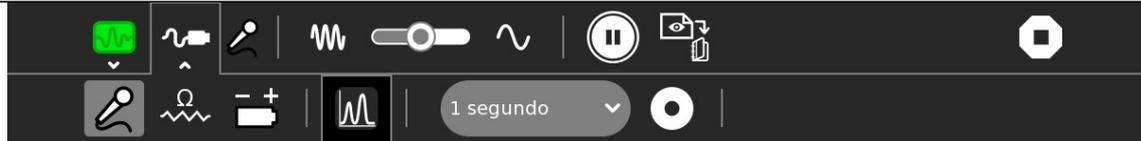
Se ajusta con las dos barras deslizables verticales ubicadas a la derecha de la pantalla (Arriba: máxima sensibilidad).  
Se incorporan junto a estos controles los botones "Invertir", uno por canal.

**Control de Barrido Horizontal:**

Barra deslizable (3er ícono en la Barra superior)  
Este control permite seleccionar entre 0.05 ms/DIV y 1.0 ms/DIV (por omisión: 0.5 ms/DIV). Las selecciones se indican en la barra inferior como muestra el ejemplo:

Sonido Línea base de tiempo  
Eje X Escala: 1 división = 0.5 ms

03- Barra de herramientas CONFIGURACIÓN, SONIDO, Línea de base frecuencia:



- a- SONIDO (seleccionado, ver tercer ícono de la barra superior)
- b- Sensor de Resistencia (no seleccionado)
- c- Sensor de Voltaje (no seleccionado)
- d- Línea de base frecuencia (seleccionada)
- e- Desplegable "Intervalos entre muestras": 1/10 s, 1 s, 30 s, 5 min., 30 min.
- f- Botón "Iniciar Grabación"

**Control de sensibilidad:**

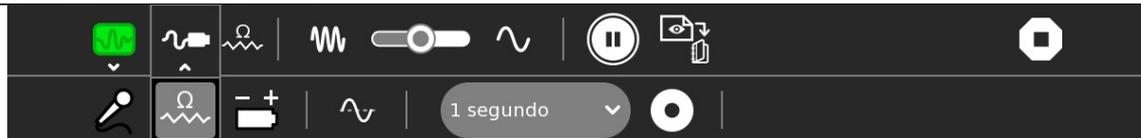
Se ajusta con las dos barras deslizables verticales ubicadas a la derecha de la pantalla (Arriba: máxima sensibilidad)

**Control escala horizontal:**

Barra deslizable (3er ícono en la Barra superior)  
Este control permite seleccionar entre 10 Hz/DIV y 1000 Hz/DIV (por omisión: 500.0 Hz/DIV). Las selecciones se indican en la barra inferior como muestra el ejemplo:

Sonido Línea base de frecuencia  
Eje X Escala: 1 división = 500.0 Hertz (Hz)

SENSOR DE RESISTENCIA

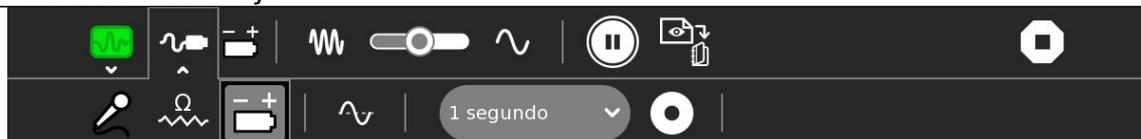


- a- SONIDO (no seleccionado)
- b- Sensor de Resistencia (seleccionado, ver tercer ícono de la barra superior)
- c- Sensor de Voltaje (no seleccionado)
- d- Línea de base de tiempo (seleccionada)
- e- Desplegable "Intervalos entre muestras": 1/10 s, 1 s, 30 s, 5 min., 30 min.
- f- Botón "Iniciar Grabación"

**Control de sensibilidad:**

Se ajusta con las dos barras deslizables verticales ubicadas a la derecha de la pantalla (Arriba: máxima sensibilidad).  
Se incorporan junto a estos controles los botones "Invertir", uno por canal.

SENSOR DE VOLTAJE



- a- SONIDO (no seleccionado)
- b- Sensor de Resistencia (no seleccionado)
- c- Sensor de Voltaje (seleccionado, ver tercer ícono de la barra superior)

- d- Línea de base de tiempo (seleccionada)
- e- Desplegable “Intervalos entre muestras”: 1/10 s, 1 s, 30 s, 5 min., 30 min.
- f- Botón “Iniciar Grabación”

**Control de sensibilidad:**

Se ajusta con las dos barras deslizables verticales ubicadas a la derecha de la pantalla (Arriba: máxima sensibilidad).

Se incorporan junto a estos controles los botones “Invertir”, uno por canal.

### 7.3 Actividad MEDIR v.42: Barra de Herramientas

Esta versión (18 de junio de 2012) incorpora notables herramientas para utilizarla como afinador de instrumentos musicales. Una idea de modificar esta Actividad para darle ese uso fue publicada el 01/09/2011 en la página web “Física con XO”.

Se programó para afinar los siguientes instrumentos: Flauta Dulce, Mandolin (sic), Chelo, Cavaquinho, Violín, Viola, Guitarra, Charango, Ukelele, Sitar y Bajo. También pueden configurarse nuevos instrumentos.



En la barra inferior (de izquierda a derecha):

1. Listado para seleccionar el instrumento a afinar
2. Nota a afinar (pueden mostrarse todas)
3. Frecuencia correspondiente a la nota seleccionada (en Hertz)
4. (ícono “diapasón”) Mostrar/Ocultar línea de afinación
5. (ícono “líneas”) Mostrar/Ocultar armónicos
6. (ícono “reproducir”) Reproducir una nota (sintetiza la nota a afinar)
7. (nota, en la figura “G”) nombre de la nota que está emitiendo el instrumento

#### Cómo afinar un instrumento musical:

Para afinar un instrumento, como por ejemplo la guitarra, se selecciona *Modo Sonido/línea de base frecuencia* y se clikea el ícono “diapasón” (4). Se observa entonces que aparecen un conjunto de seis líneas verticales ubicadas en la coordenada x que corresponde a la frecuencia de la nota que debe emitir cada cuerda si el instrumento está afinado. Al pulsar la cuerda correspondiente el “pico” de amplitud debe estar centrado en la línea de referencia. Si esto no sucede se tensa o afloja la cuerda hasta lograrlo. Se incluye un ícono “tocar nota” que emite la frecuencia de referencia.

## 8 La conversión Analógica a Digital: Conversión de voltaje y resistencia a entero en XO1 y XO1.5.

La Actividad MEDIR muestra en pantalla un oscilograma de la señal detectada por el micrófono incorporado en la XO o por uno conectado a la entrada de micrófono externo. Además de ello, en sus versiones iniciales, también mostraba en pantalla información cualitativa relativa a la lectura de los sensores conectados a la netbook mediante una barra horizontal que se desplazaba verticalmente al variar la señal leída. A partir de la versión 31 se pudo leer en la parte inferior de la pantalla el valor entero producto de la conversión AD realizada:

Sensores, CC: conecte el sensor a la entrada de micrófono (rosada) en el lado izquierdo de la XO.  
Sesgo/excedente deshabilitado Voltios (-32768)

Versiones actuales de esta actividad retornan ese valor entero convertido a valores del Voltaje o la Resistencia que se está midiendo (la figura corresponde a la versión 36 midiendo con una XO1.5 en doble canal):

Sensor de voltaje DC (introducir el sensor en la entrada de micrófono de color rosa en el costado izquierdo de la XO)  
Voltaje (Voltios) (1.698) (1.693)

Sensor de resistencia (introducir el sensor en la entrada de micrófono de color rosa en el costado izquierdo de la XO)  
Resistencia (Ohms) (42000000) (12673050)

Utilizando las versiones de MEDIR a las cuales nos referíamos pudimos obtener la conversión AD Voltaje/entero y Resistencia/entero que se muestran a continuación (en adelante se utiliza “int”, abreviatura de “integer”, para el valor entero por la extensión de su uso).

### 8.1 Procedimiento:

Para llevar adelante el objetivo planteado se debe tomar la decisión de elegir el **medidor** que tomaremos como **patrón de referencia** con respecto al cual contrastaremos las medidas obtenidas utilizando la XO. Dicho instrumento de medida debe cumplir las condiciones de ser de la más alta calidad posible, estar en condiciones de funcionamiento óptimas y haber sido calibrado dentro del plazo máximo fijado por el fabricante. Antes de comenzar las medidas el operador deberá verificar que se está trabajando dentro de los parámetros fijados por el fabricante para considerar fiables los valores obtenidos.

En nuestro caso disponíamos de dos medidores que consideramos los más adecuados:

a- Un multímetro (tester) digital marca FLUKE®, TRUE RMS MULTIMETER, modelo 87 (FLUKE 87)

b- Interfaz de adquisición de datos LabQuest Mini (y sensores correspondientes) de la firma Vernier (VERNIER LQM)

ambos instrumentos pertenecientes al Laboratorio de Física del Liceo Solymar Nº 1 (Ciudad de la Costa, Canelones). Esta última fue conectada a una netbook **Magalhães** modelo **MG10T** (distribuida por Plan Ceibal a alumnos de Secundaria

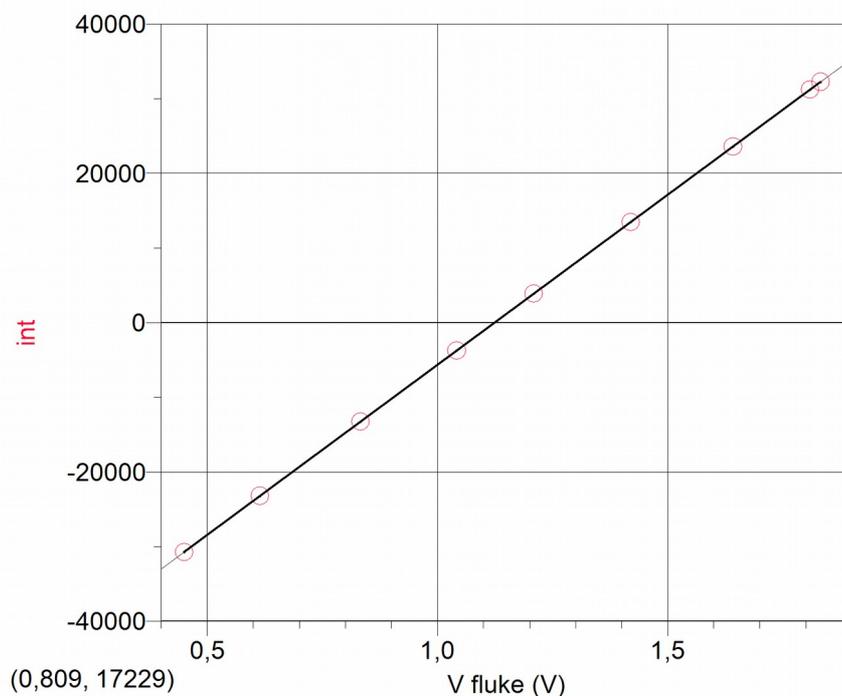
de Canelones). El software de control de la interfaz que se utilizó fue “Logger Pro for Linux Public Beta” el cual puede descargarse en forma gratuita de la página del proveedor de la interfaz (VERNIER LPL).

Los instrumentos mencionados fueron utilizados en las condiciones que indica el fabricante para realizar las medidas. Por ejemplo, en el multímetro se indican: Temperatura operativa -20 °C a 55 °C y Humedad relativa 0% a 90 % (0 a 35 °C). No se aplicó la corrección por coeficiente de temperatura especificada por considerar otras fuentes como más significativas para la determinación de precisión y exactitud en las medidas obtenidas con XO.

**NOTA:** en las gráficas siguientes los puntos se muestran unidos por tramos rectos solamente para que sea más clara la visualización de la tendencia que sigue la distribución. En todo caso es incorrecta esta representación desde el punto de vista físico.

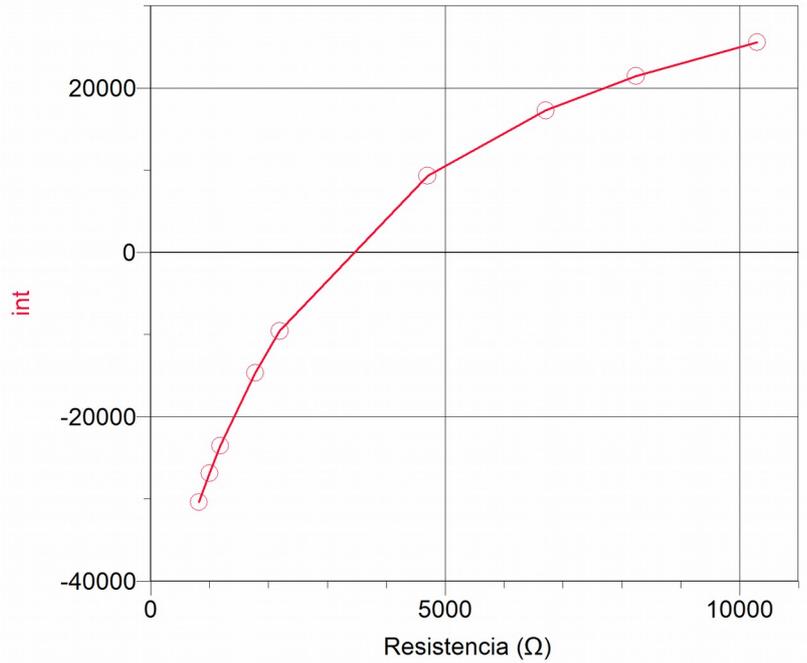
### **XO1: Conversión AD Voltaje/entero**

| <b>Conversión AD XO1 (V)</b> |            |
|------------------------------|------------|
| <b>V(V)</b>                  | <b>int</b> |
| 0,45                         | -30757     |
| 0,615                        | -23220     |
| 0,833                        | -13252     |
| 1,042                        | -3761      |
| 1,209                        | 3874       |
| 1,42                         | 13484      |
| 1,642                        | 23561      |
| 1,809                        | 31208      |
| 1,832                        | 32249      |



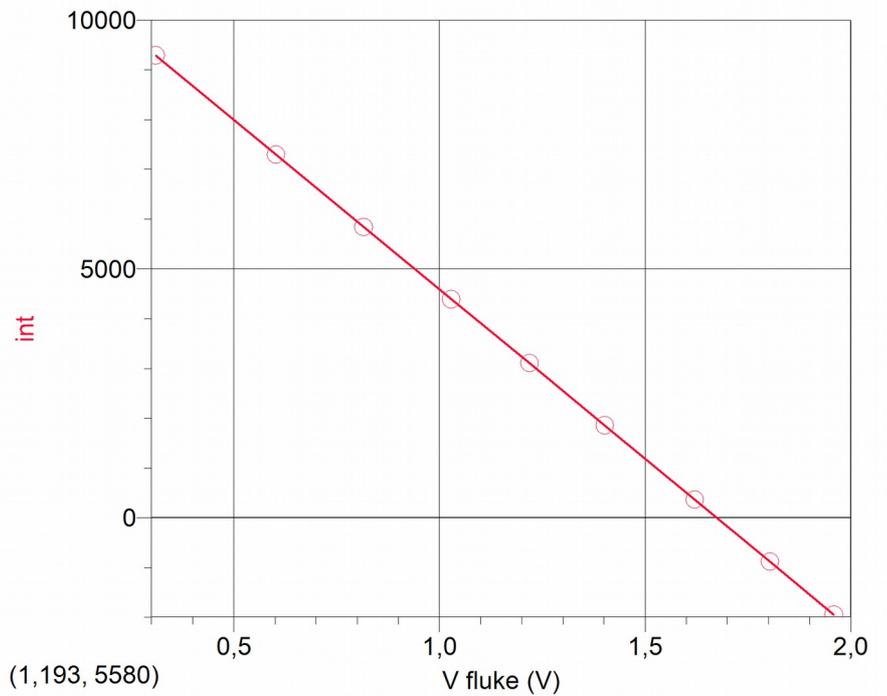
### **XO1: Conversión AD Resistencia/entero**

| <b>Conversión AD XO1 (R)</b>  |            |
|-------------------------------|------------|
| <b>R(<math>\Omega</math>)</b> | <b>int</b> |
| 818                           | -30385     |
| 997                           | -26856     |
| 1180                          | -23534     |
| 1771                          | -14660     |
| 2190                          | -9577      |
| 4700                          | 9286       |
| 6710                          | 17256      |
| 8240                          | 21457      |
| 10300                         | 25547      |



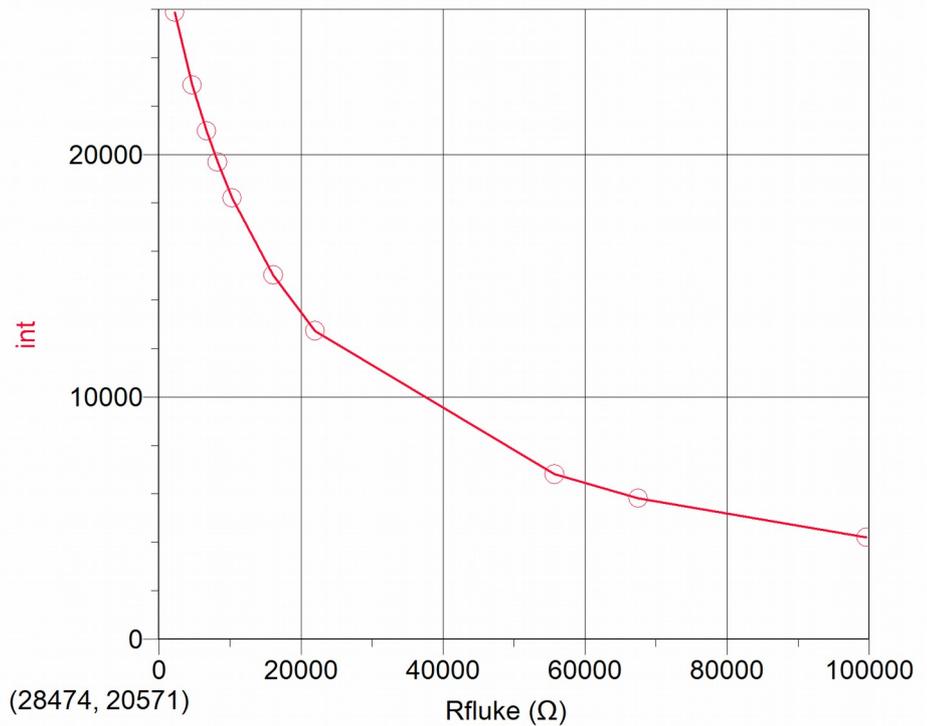
### **XO1.5: Conversión AD Voltaje/entero**

| <b>Conversión AD XO1.5 (V)</b> |            |
|--------------------------------|------------|
| <b>V(V)</b>                    | <b>int</b> |
| 0,31                           | 9291       |
| 0,603                          | 7295       |
| 0,816                          | 5840       |
| 1,029                          | 4388       |
| 1,219                          | 3105       |
| 1,402                          | 1854       |
| 1,621                          | 363        |
| 1,804                          | -883       |
| 1,959                          | -1947      |



## **XO1.5: Conversión AD Resistencia/entero**

| <b>Conversión AD<br/>XO1.5 (R)</b> |            |
|------------------------------------|------------|
| <b>R(<math>\Omega</math>)</b>      | <b>int</b> |
| 2190                               | 25874      |
| 4700                               | 22870      |
| 6710                               | 20963      |
| 8240                               | 19679      |
| 10300                              | 18202      |
| 16090                              | 15020      |
| 22000                              | 12727      |
| 55700                              | 6808       |
| 67500                              | 5822       |
| 99600                              | 4210       |



### **8.2 *Análisis de las curvas de conversión AD obtenidas.***

A partir de los resultados obtenidos puede observarse que la conversión Voltaje/entero sigue la función lineal ( $y=\mathbf{a}x+\mathbf{b}$ ), por lo cual el procedimiento de calibrado involucrará únicamente la determinación de los parámetros **a** y **b** de la función lineal y sus rangos de validez. Por el contrario, la conversión Resistencia/entero presenta un vínculo no lineal lo cual supone una complejidad mayor ya que para obtener el valor de resistencia buscado deberá, en primer lugar, elegirse la mejor función que vincule las variables para luego determinar los parámetros que la definen y luego determinar el rango de validez de éstos. En base a esto se prevé una menor precisión en la determinación de los valores de resistencia medidos por XO, dada la mayor cantidad de procesos involucrados desde el entero original al valor final obtenido, lo cual se analizará más adelante.

## 9 Exactitud y Precisión de la conversión Analógica a Digital (X01, X01.5 y X01.75)

### Exactitud:

La exactitud refiere al nivel de calibración del instrumento de medida a analizar. Este dato surge de comparar los resultados de las medidas que obtenemos con el mismo con respecto a las obtenidas a utilizar un segundo instrumento de medida que se elige como referencia o patrón.

Por lo general se recomienda realizar este control en forma periódica; para esto debe disponerse de un instrumento que oficie de patrón como un tester digital de alta calidad calibrado según indicación del fabricante. (Por ejemplo, en nuestro caso, entre otros, se utilizó un tester Fluke modelo 87 cuya calibración debe efectuarse "...una vez al año, para asegurar que funcione de acuerdo con sus especificaciones." según indica el "Manual de Instrucciones Fluke 87 TRUE RMS MULTIMETER", PN 834200, December 1988 Rev. 1, 3/93, © 1993 John Fluke Mfg Co., Inc, Litho in U.S.A.)

### Precisión:

En un ADC la precisión de la conversión depende de la *resolución* o *número de bits (n)* del mismo, y de la *linealidad* de la conversión efectuada. Otros factores como los corrimientos de la señal de entrada **b** (*offset*) también inciden en la precisión. La señal analógica original que llamaremos **A** se convierte en una señal

digital **D** dada por la siguiente expresión:  $D = \text{int} \left[ \frac{2^n}{FS} \cdot A + b \right]$  siendo **FS** (Full Scale)

el máximo voltaje de entrada e **int[...]** la parte entera de la expresión entre paréntesis rectos.

Por ejemplo, el conversor AD integrado en la placa de sonido de la X01 (Analog Devices 1888) tiene una resolución de 16 bits, y un voltaje máximo de entrada de 1.85 V (aprox.) por lo cual podemos resolver este valor en una serie de  $2^{16}=65536$  pasos de digitalización.

En una conversión AD ideal, la función  $D = f(A)$  representa la proporcionalidad directa. Esto es, el gráfico muestra una recta con ordenada en el origen nula. En el caso real, la medida del apartamiento con respecto a este comportamiento ideal se mide a través de la *linealidad* en la conversión. Las desviaciones medidas serán una limitante en la *precisión* en la conversión realizada. Aunque se disponga de una alta resolución (n), si la conversión AD es fuertemente no lineal, la precisión será baja.

Fuente: Gil & Rodríguez (2001).

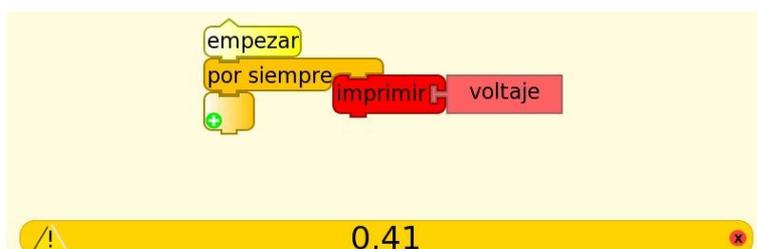
## 9.1 Exactitud y precisión en medidas con XO1.

### Nota:

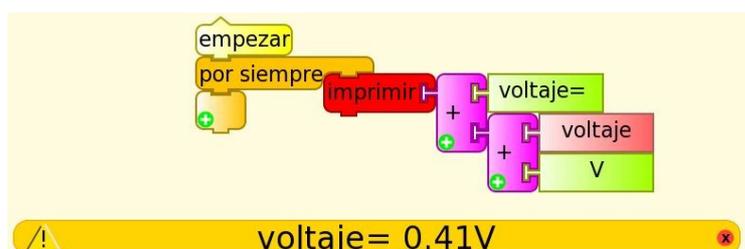
Los resultados que se muestran a continuación corresponden a medidas realizadas con XO1, SKU5, el modelo conocido como XO1 (CL1A), distribuido por Plan Ceibal entre los alumnos de la escuela pública primaria cuando se inició el mismo. A partir del mes de Junio de 2012 se llevó a cabo un plan recambio mediante el cual se canjeó este modelo por la XO1.75 para los alumnos de 5º y 6º de Primaria.

### Exactitud y precisión en medidas de Voltaje con XO1:

Aunque se desarrollará con detalle en capítulos siguientes, puede ser intuitivo ver que el siguiente código escrito con los bloques de programación de la Actividad TURTLEBLOCKS (TB) nos permite leer el voltaje en la entrada de micrófono externo:



Para que la presentación del valor medido en pantalla sea más clara puede agregársele texto combinando el bloque "imprimir" con los bloques "sumar", ya que estos admiten variables alfanuméricas (texto y valores numéricos); la programación entonces podría ser la siguiente ([monitor de voltaje.ta](#)):



Ahora que sabemos mostrar en pantalla los voltajes medidos, la pregunta que se intentará responder es: ¿cuál es la precisión y exactitud de XO1 midiendo como voltímetro?. La respuesta involucra una serie de aspectos a tener en cuenta:

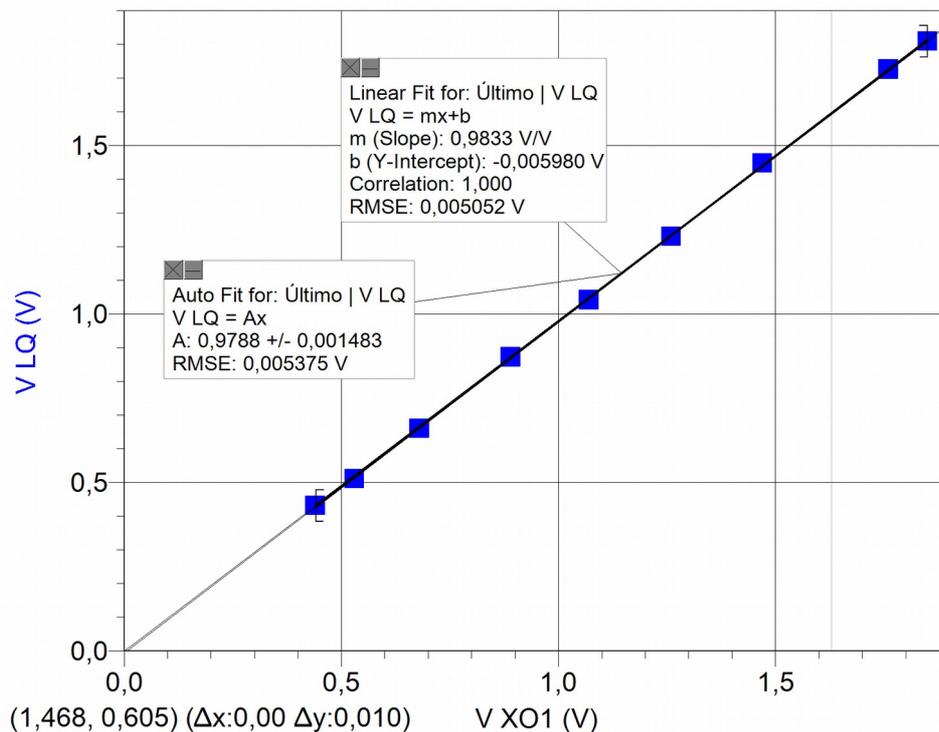
### **Apreciación:**

Podemos determinar la apreciación de XO como voltímetro utilizando la programación indicada más arriba: los voltajes se muestran en pantalla hasta la centésima de Volt, por lo cual la **apreciación es 0.01 V**.

### **Exactitud:**

Si bien (como se tratará con detalle más adelante) no existe dispersión de datos en el orden de la centésima de volt, los valores medidos por la XO y los instrumentos de referencia midiendo el voltaje en forma independiente o simultáneamente suelen no coincidir, por lo cual se debe determinar la exactitud de los resultados obtenidos, calculando el nivel de calibración de XO1 como voltímetro;

esto puede realizarse analizando el gráfico  $V_{REF} = f(V_{XO1})$ . El Voltaje de referencia  $V_{REF}$  en este caso fue medido con la interfaz LQ mini.



Una vez graficados los valores, se incluyen dos ajustes al conjunto de datos: por una parte el ajuste lineal ( $y=mx+b$ ) y por otra el proporcional ( $y=ax$ ); el primero de ellos muestra un **coeficiente de correlación ("Correlation")=1**, de lo cual se desprende que los datos se ajustan a la función lineal en forma óptima. A favor de la simplicidad, y observando una ordenada en el origen de valor relativo despreciable, preferimos aplicar el ajuste proporcional (en vez del lineal referido) para relacionar los valores de voltaje entre sí.

Si bien el ajuste lineal es satisfactorio y prácticamente coincidente con el ajuste proporcional ( $y = Ax$ ), el coeficiente de proporcionalidad **A** no es la unidad, por lo cual las medidas no son exactas. Para recuperar la exactitud debe utilizarse este factor que podemos llamar (para el caso) *coeficiente de exactitud en medidas de voltaje*, y que podemos abreviar  **$c_v$** . En el caso mostrado, su valor es de **0.9788**, por lo cual cualquier medida de voltaje debe corregirse mediante la expresión:

$$V_{\text{corregido}} = c_v \cdot \text{Voltaje}$$

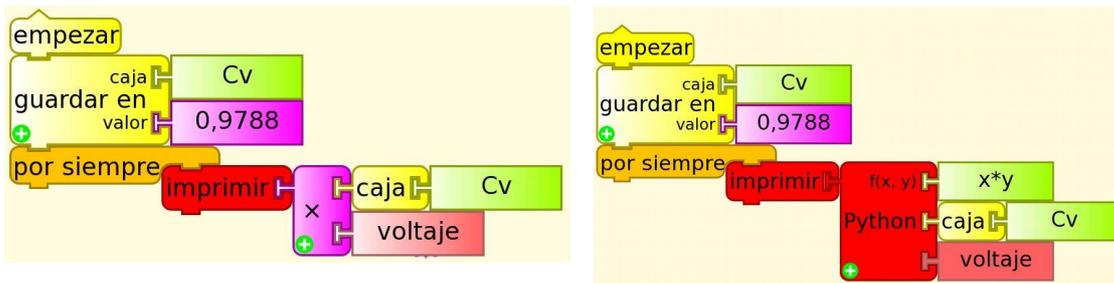
que, para el caso que nos ocupa, es:

$$V_{\text{corregido}} = (0.9788) \cdot \text{Voltaje}$$

siendo "**Voltaje**" el medido directamente por la XO1.

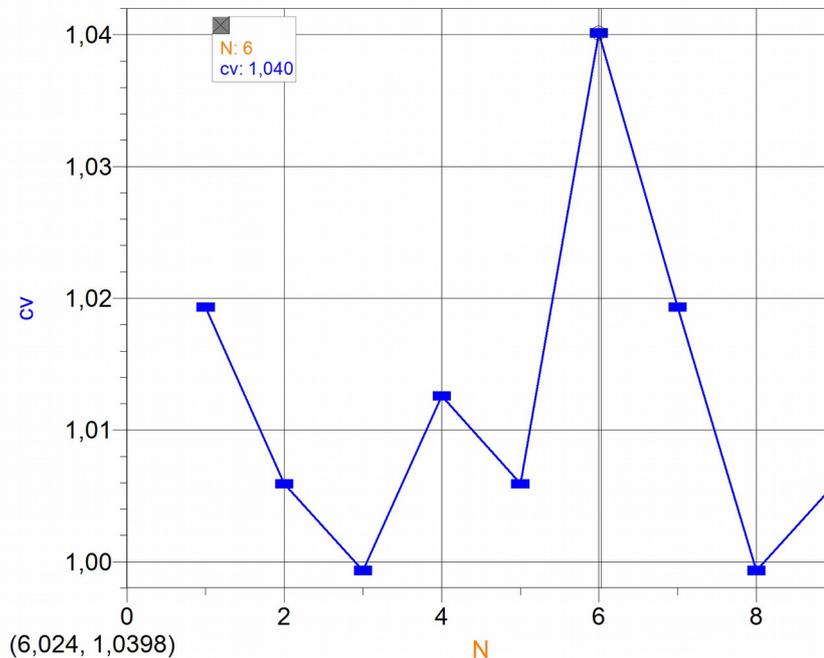
Se muestran a continuación dos formas de recuperar la exactitud en medidas de voltaje:

1. una de ellas ([cv producto.ta](#)) con el bloque "producto" (abajo, izquierda) y la otra
2. ([cv Python.ta](#)) con el "bloque Python", que permite incluir funciones matemáticas y comandos en lenguaje Python (se ha incluido la variable "caja" mediante "guardar en caja `cv` valor '0.9788' " para poder modificar este valor en forma inicial dentro del programa) (abajo, derecha)



Este coeficiente depende de la XO particular con la que estamos trabajando, por lo cual debe determinarse para cada una de ellas. Para conocer el nivel de dispersión de los *coeficientes de exactitud en medidas de voltaje* se tomaron 9 XO1 diferentes y se midió con ellas un mismo voltaje, el cual se comparó luego con el instrumento de referencia ( $V_{ref}=1.529$  V).

Se grafica el  $C_v$  para cada XO1 en función de  $N$ , un número ordinal arbitrario que identifica cada una de las netbooks utilizada:



Puede deducirse según nuestras medidas que los valores de  $c_v$  obtenidos no se apartan más de un 4% (XO1 ordinal  $N= 6$ ) con respecto a la referencia, por lo cual valdrá la pena introducir esta corrección únicamente para aplicaciones que lo ameriten (en las cuales la exactitud en medidas de voltaje sea fundamental).

### **Precisión:**

#### **Precisión asociada a la dispersión estadística de las medidas:**

Ahora debemos determinar qué nivel de dispersión estadística existe al medir repetidas veces un mismo voltaje. Calcularemos el promedio de la serie  $V_{promedio}$ , la desviación estándar de cada medida  $\sigma_s$  y a partir de ella la desviación estándar del promedio  $\sigma_{est}$  (el parámetro que nos permite determinar la dispersión de las medidas con respecto al valor promedio de las mismas), y  $N_{op}$  el número óptimo de medidas a tomar.

### **Resumen<sup>6</sup>:**

<sup>6</sup> Este resumen se basa en las siguientes referencias: Roederer (1980), Maiztegui & Gleiser (1980), Gil & Rodríguez (2001), Díaz & Pecard (1970), Maiztegui y otros (1987), Chernuschi &

(Se resumen las expresiones que utilizamos para realizar los cálculos)

Dada una serie de  $N$  valores  $x_i$  (resultado de efectuar mediciones de una misma magnitud física bajo condiciones idénticas), calcularemos el promedio aritmético  $\bar{x}$  mediante:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N}$$

Definiremos la desviación  $\varepsilon_i$  de cada medida  $x_i$  con respecto al promedio como:

$$\varepsilon_i = x_i - \bar{x}$$

Suponiendo que la serie de medidas muestra una distribución normal, tiene sentido calcular la desviación estándar de cada medida:

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N \varepsilon_i^2}{(N - 1)}}$$

Para  $N \rightarrow \infty$  y en las condiciones referidas más arriba, el 68% de los valores se encontrarán en el intervalo:  $\bar{x} \pm \sigma_s$ .

No obstante, la incerteza asociada a la dispersión se determina a partir del valor anterior, calculando la desviación estándar del promedio mediante la expresión:

$$\sigma_{est} = \frac{\sigma_s}{\sqrt{N}}$$

Una vez determinada la incerteza nominal  $\sigma_{nom}$  asociada a una medida (la cual puede considerarse, en forma simplificada y bajo ciertas condiciones, como igual a la apreciación del instrumento de medida utilizado), podremos calcular el número óptimo  $N_{op}$  de medidas a realizar. El criterio que se utiliza aquí es medir la suficiente cantidad de veces hasta que se cumpla la condición  $\sigma_{est} \cong \sigma_{nom}$ , lo cual nos permite obtener la siguiente expresión:

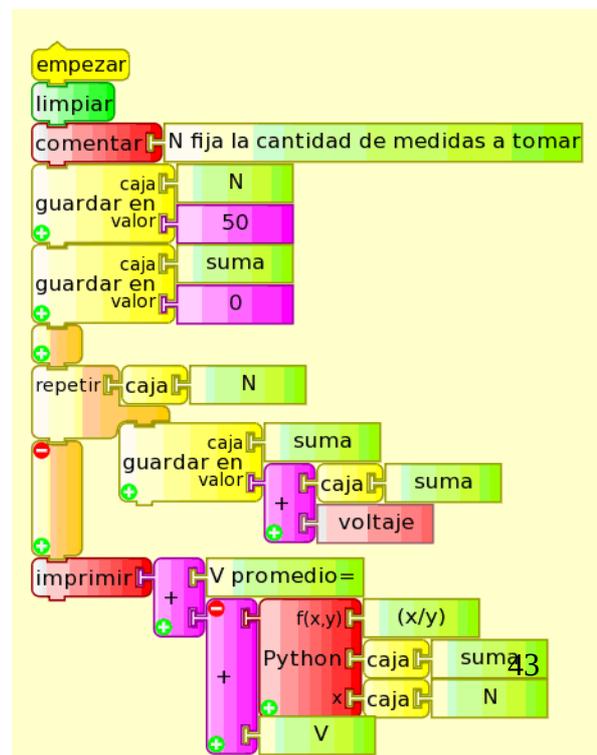
$$N_{op} = \left\lceil \frac{\sigma_s}{\sigma_{nom}} \right\rceil^2 + 1$$

La incertidumbre combinada podrá obtenerse mediante:

$$\delta x = \sqrt{\sigma_{nom}^2 + \sigma_{est}^2}$$

Para alcanzar nuestro objetivo, compararemos las medidas que resultan de medir un voltaje dado con el tester patrón FLUKE 87, la interfaz AD LQ mini (VERNIER) y la XO. Para esto último se utilizará la Actividad TURTLEBLOCKS, en la cual se programa la lectura de 50 medidas consecutivas de voltaje, valores cuyo promedio se calcula y muestra en pantalla.

La programación es la siguiente:



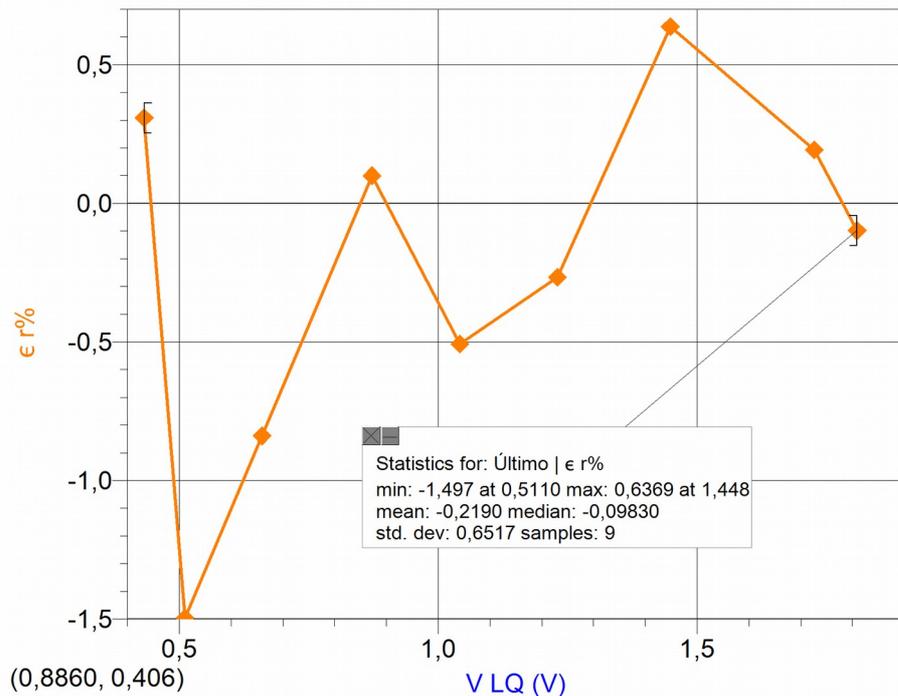
Este programa ([Vpromedio.ta](#)) se ejecuta 30 veces para un mismo voltaje, calculándose luego la desviación estándar  $\sigma_s$  del conjunto de medidas en el caso de obtenerse valores diferentes entre sí.

Los valores que resultan del procedimiento evidencian que no existe dispersión en el orden de la centésima de volt, por lo cual ese valor se tomará como incerteza asociada a la precisión por dispersión estadística y apreciación combinadas.

### **Precisión asociada a la linealidad.**

### **Cálculo del nivel de dispersión en medidas de Voltaje con respecto al ajuste proporcional (una vez calibrada la XO1)**

Una vez recuperado el nivel de calibrado mediante la introducción del coeficiente  $C_v$ , debe calcularse qué tan apartados del ajuste proporcional se encuentran los voltajes (ya corregidos) medidos por XO1. Para ello se calcularon las desviaciones relativas porcentuales de los voltajes con respecto al ajuste proporcional. Los resultados se resumen en la gráfica siguiente donde se representa la desviación relativa porcentual  $\epsilon_{r\%}$  en función del voltaje de referencia  $V_{REF}$  (en este caso fue medido con la interfaz LQ mini):



Se puede concluir que el conjunto de valores mantiene una baja dispersión porcentual con respecto al ajuste aplicado, desviaciones que no exceden el 1.5 %.

### Conclusiones:

a- Si se utiliza XO1 como Voltímetro en forma directa se obtendrán medidas que pueden diferir en exactitud hasta un alejamiento de 4% con respecto al instrumento patrón.

Para obtener resultados más exactos deberá calcularse, antes de comenzar a medir y para cada XO en particular, el coeficiente de exactitud en medidas de voltaje  $C_v$ . Este factor debe multiplicar el bloque de sensor "voltaje" cada vez que se use.

b-La incertidumbre de XO1 como voltímetro es:

$$\pm(0.01 \text{ V} + 1.5 \% \text{ del valor leído en pantalla})$$

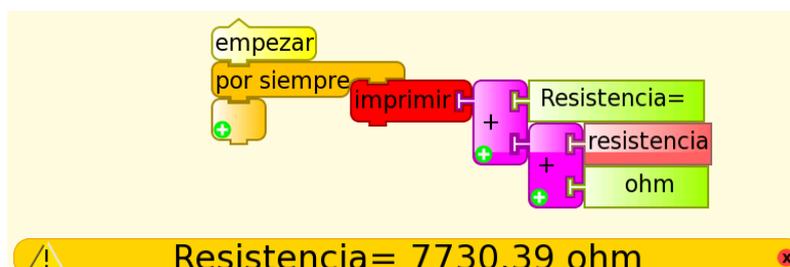
### **Impedancia de entrada de XO1 como voltímetro:**

Un medidor ideal es aquel capaz de obtener una medida del sistema en estudio sin tomar energía de él, es decir, sin interactuar. Este medidor no existe. Los medidores reales se construyen de manera tal de obtener una medida a partir de una interacción mínima con el sistema a medir.

En el caso particular de los voltímetros, esta condición se cumple si su impedancia de entrada es infinita. El tester de referencia que utilizamos tiene (según datos del fabricante) una impedancia de entrada como voltímetro de 10 MΩ. Los datos relativos a la XO1 indican que su impedancia de entrada está en el orden de los 150 kΩ.

## Exactitud y precisión en medidas de Resistencia con XO1:

La lectura de resistencia óhmica conectada a la entrada de micrófono externo se realiza de forma similar a la lectura de voltajes ([monitor de resistencia.ta](#)), sustituyendo el bloque de sensor “voltaje” por el bloque de sensor “resistencia”:



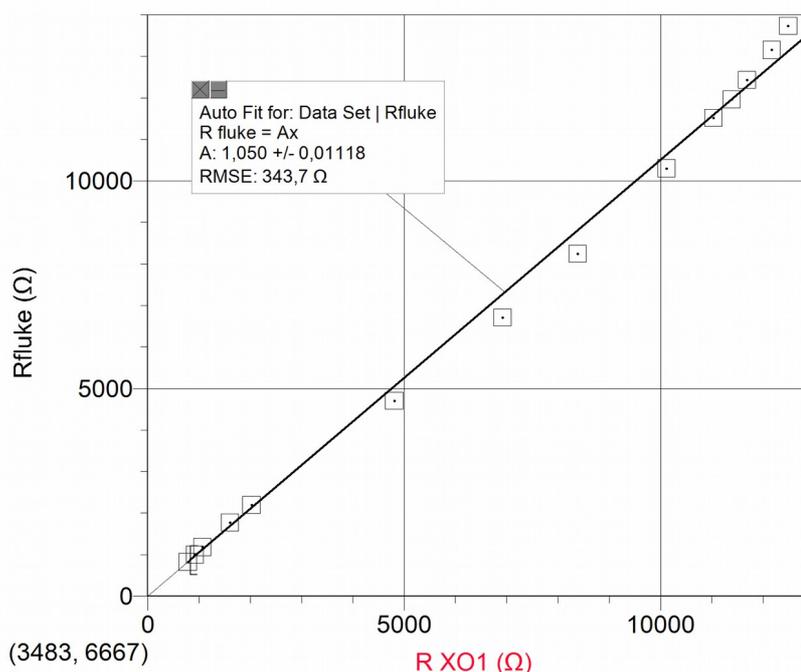
Ahora que sabemos mostrar en pantalla la resistencia medida, la pregunta que se intentará responder es: ¿cuál es la precisión de XO midiendo como óhmetro?. La respuesta involucra una serie de aspectos a tener en cuenta:

### Apreciación:

Podemos determinar la apreciación de XO1 como óhmetro utilizando la programación indicada más arriba: las resistencias se muestran en pantalla hasta la centésima de ohm, por lo cual la **apreciación** es **0.01 Ω**. No obstante (y como puede observarse cuando se está ejecutando la programación) la cifra correspondiente a este orden decimal (y muchas veces las dos que la preceden) varían en forma permanente por lo cual la determinación de la incerteza absoluta en medidas de esta magnitud depende de factores que deben cuantificarse con detalle.

### Exactitud:

Los valores de resistencia medidos por la XO y el instrumento de referencia (tester FLUKE 87) en general no coinciden, lo cual nos indica que se debe corregir el nivel de calibrado (exactitud) de XO1 como óhmetro lo cual puede realizarse analizando el gráfico  $R_{REF} = f(R_{XO1})$ .



Se observa una relación claramente no lineal entre las variables graficadas, lo cual queda explícito al realizar el ajuste proporcional; de él puede obtenerse el *coeficiente de exactitud en medidas de resistencia*, factor de corrección que abreviaremos  $C_R$  (que en el caso mostrado su valor es de **1.050**). Toda medida de resistencia debe corregirse mediante la expresión:

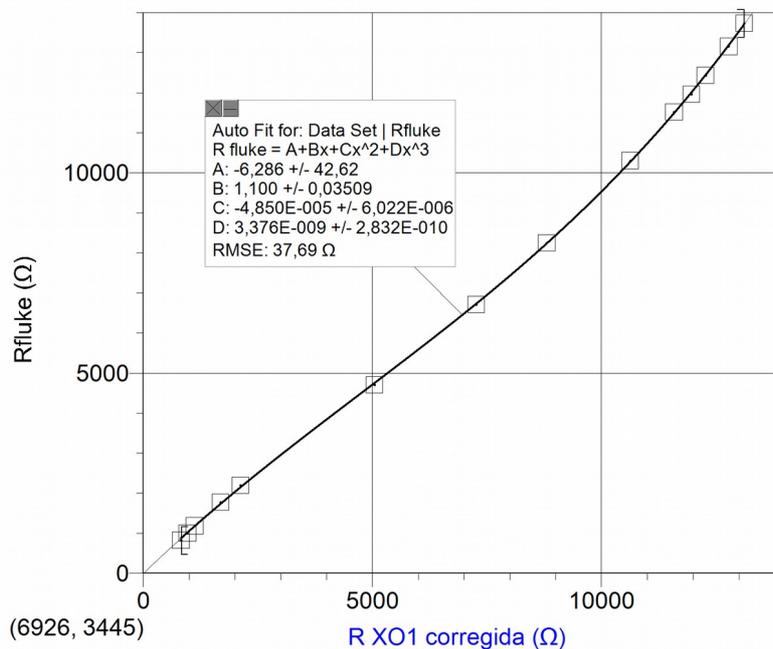
$$R_{XO1 \text{ corregida}} = C_R \cdot R_{XO1}$$

En el caso que nos ocupa es:

$$R_{XO1 \text{ corregida}} = (1.050) \cdot R_{XO1}$$

siendo " $R_{XO1}$ " la medida directamente por la XO1.

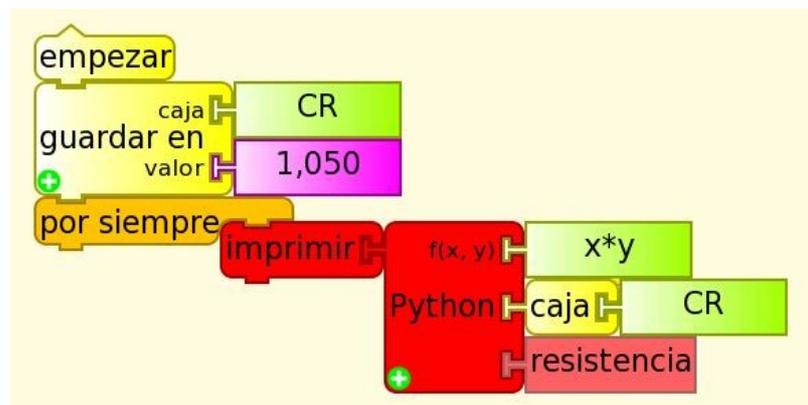
La gráfica siguiente presenta las variables  $R_{FLUKE}$  y  $R_{XO1 \text{ corr}}$  (corregida por el coeficiente  $C_R$ ), vinculadas mediante un ajuste de polinomio de tercer grado:



Dependiendo del nivel de exactitud en medidas de resistencia bajo el cual se desee trabajar, se puede elegir alguno de los dos procedimientos para recuperar la exactitud en medidas de resistencia:

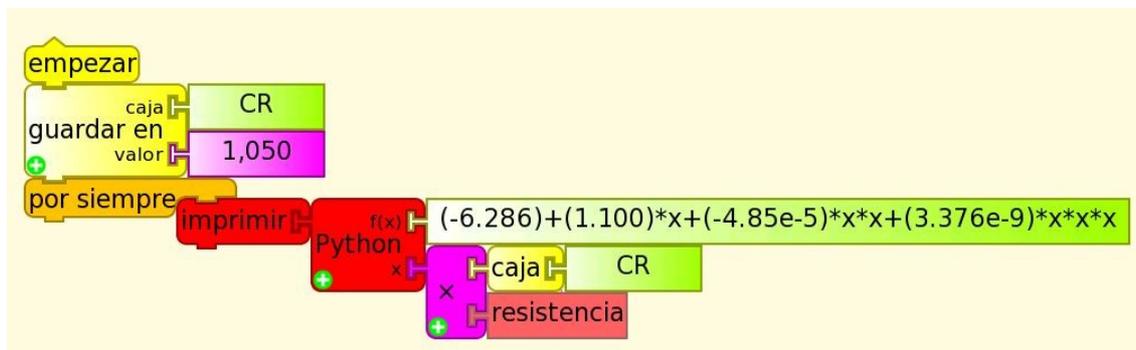
### Primer nivel:

Las medidas de resistencia pueden corregirse mediante el coeficiente  $C_R$  utilizándolo como factor del bloque "resistencia" cada vez que se use; el siguiente ejemplo (cr [Python.ta](http://Python.ta)) lo muestra:

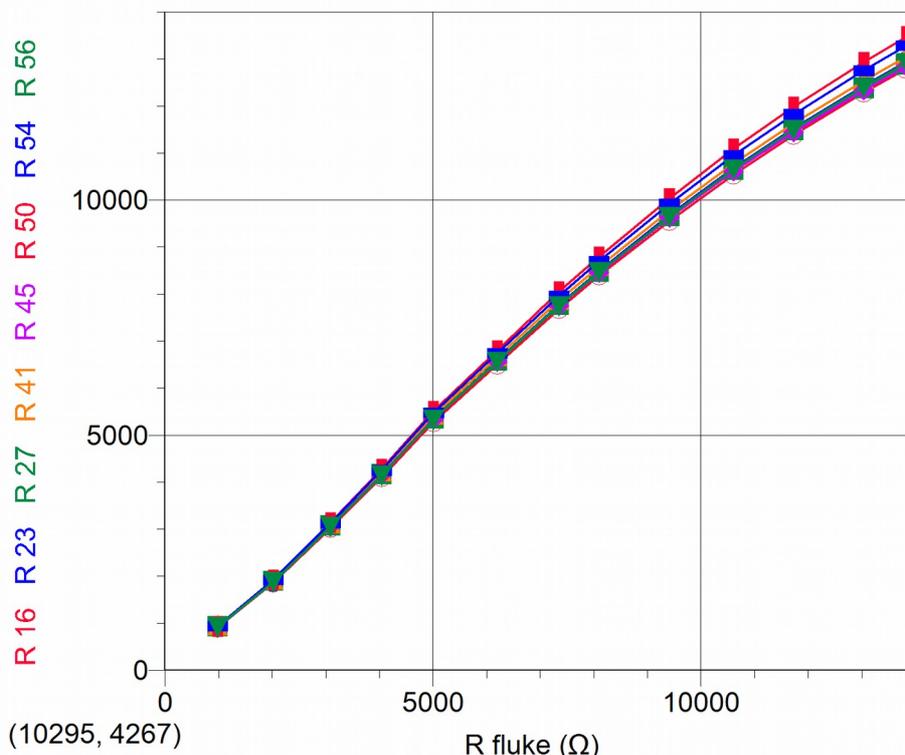


### Segundo nivel:

Si se busca mayor exactitud y precisión puede aplicarse (en lugar del anterior) un ajuste cúbico a las medidas como muestra el siguiente código (CR Python cúbico.ta):



Este coeficiente  $c_R$  depende de la XO particular con la que estamos trabajando, por lo cual debe determinarse para cada una de ellas. La gráfica siguiente muestra el resultado de medir resistencias con 9 diferentes XO1; se grafica  $R_{XO1} = f(R_{REF})$  (invirtiendo el orden en los ejes para poder observar la tendencia general en una misma gráfica), intercambiando las magnitudes en los ejes con respecto al gráfico anterior:

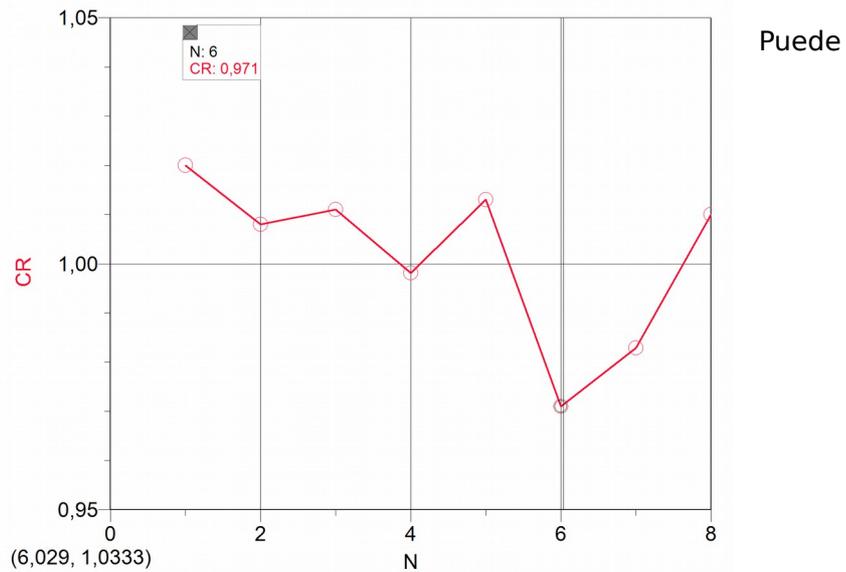


Las resistencias medidas por las diferentes XO1 no están corregidas en exactitud para que puedan observarse la existencia de diferentes niveles de calibración entre ellas y la tendencia no lineal que es común a todas. No obstante, una vez hecha la corrección el operador puede verificar que la curva  $R_{REF} = f(R_{XO1})$  corta la recta de ajuste proporcional en el valor 11000 ohm, por lo cual de allí puede extraerse un método práctico de cálculo del factor  $c_R$ : puede conectarse una resistencia de este valor (obtenido por combinación de resistores con tolerancia al 1% por ejemplo) a la XO1 y calcular el coeficiente mediante:

$$c_R = 11000\Omega / R_{XO1\ 11K}$$

siendo el denominador el valor que muestra el sensor “resistencia” de su XO1 particular cuando se ejecuta la programación vista más arriba.

Para determinar el nivel de dispersión de los coeficientes  $c_R$  se muestra a continuación la grafica del valor  $c_R$  para cada XO1 en función de “N”, un número ordinal arbitrario que identifica cada una de las netbooks utilizada:



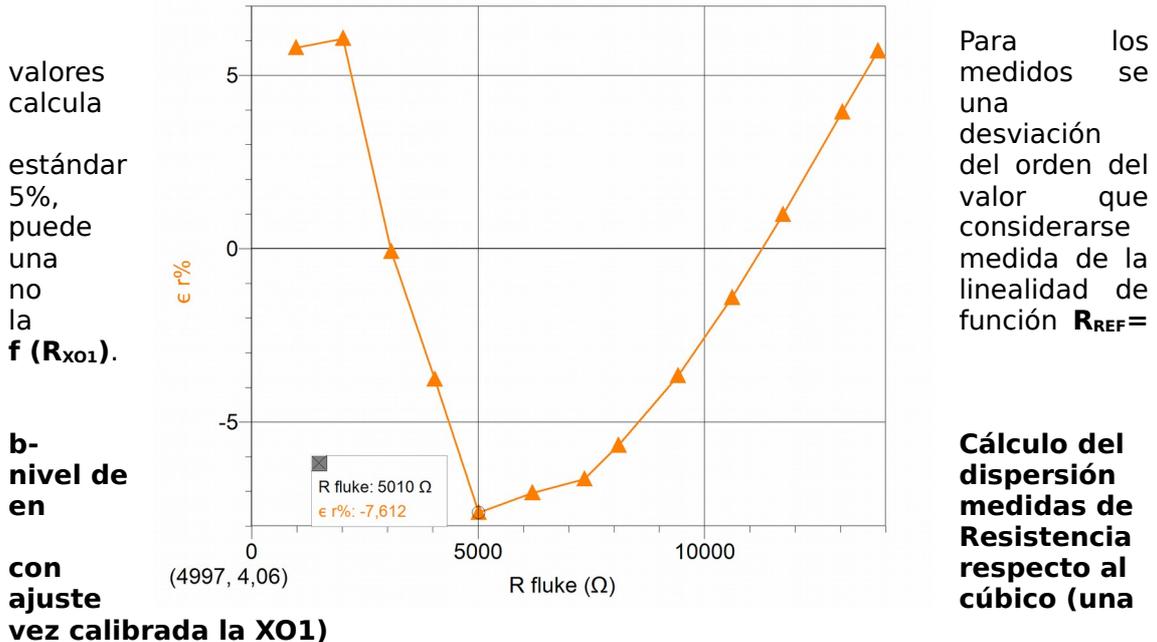
deducirse según nuestras medidas que los valores de  $c_R$  obtenidos involucran diferencias de calibración que no superan el 3% (N=6) con respecto a la referencia, por lo cual valdrá la pena introducir esta corrección únicamente para aplicaciones que lo ameriten.

**Precisión:**

**Precisión asociada a la linealidad:**

**a- Cálculo del nivel de dispersión en medidas de Resistencia con respecto al ajuste proporcional (una vez calibrada la XO1)**

Una vez recuperado el nivel de calibrado mediante la introducción del coeficiente  $C_R$ , debe calcularse qué tan apartados del ajuste proporcional se encuentran los valores de resistencia (ya corregidos) medidos por XO1. Para ello se calcularon las desviaciones relativas porcentuales de los valores de resistencia con respecto al ajuste proporcional. Los resultados se resumen en la gráfica siguiente:



valores calcula estándar 5%, puede una no la  $f(R_{XO1})$ .

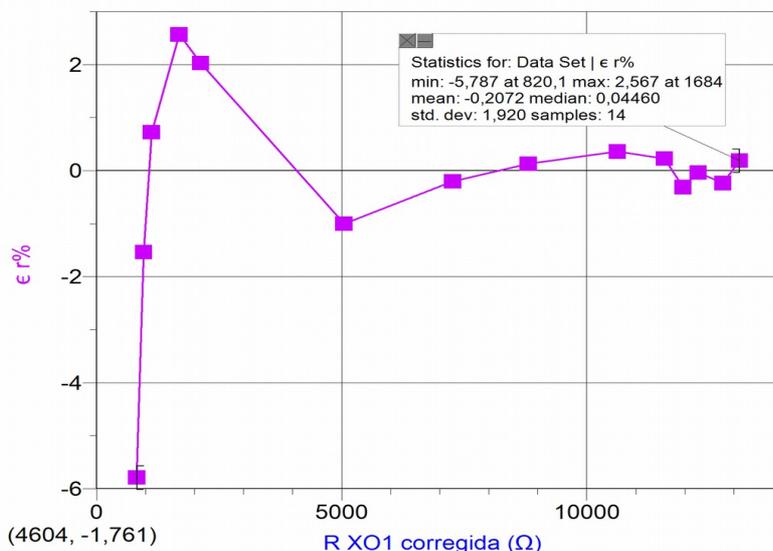
Para los medidos se una desviación del orden del valor que considerarse medida de la linealidad de función  $R_{REF} =$

**b- nivel de en con ajuste vez calibrada la XO1)**

**Cálculo del dispersión medidas de Resistencia respecto al cúbico (una**

Una vez recuperado el nivel de calibrado mediante la introducción del coeficiente  $C_R$ , y efectuado el ajuste por polinomio de grado 3, debe calcularse qué

tan apartados del ajuste se encuentran los valores de resistencia (ya corregidos) medidos por XO1. Para ello se calcularon las desviaciones relativas porcentuales de los valores de resistencia con respecto al ajuste mencionado. Los resultados se resumen en la gráfica siguiente:

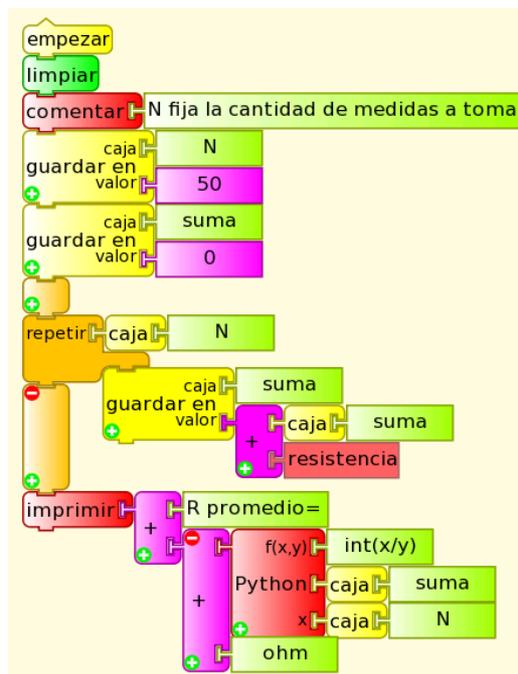


En este caso, para los valores medidos se calcula una desviación estándar menor al 2%, valor que mejora claramente el obtenido realizando el ajuste proporcional mencionado anteriormente.

**Precisión asociada a la dispersión estadística de las medidas:**

Determinaremos qué nivel de dispersión estadística existe al medir repetidas veces una misma resistencia. Para hacer esto, se suelda al cable de audio (a conectar a la entrada de micrófono externo de XO) un resistor de resistencia conocida cuyo valor se encuentre dentro del rango de medida de XO1, y se espera el tiempo suficiente para que el conjunto adquiera la temperatura ambiente. Esto debe hacerse ya que la resistencia depende de la temperatura y de lo contrario se corre el riesgo de suponer que se está midiendo un valor único de resistencia cuando en realidad se trata de un valor que está variando.

A continuación, compararemos las medidas que resultan de medir esa resistencia con el tester patrón FLUKE 87 y la XO. Se utilizará la Actividad TURTLEBLOCKS, en la cual se programará ([R promedio.ta](http://Rpromedio.ta)) la lectura de 50 medidas consecutivas de resistencia, valores cuyo promedio se calculará y mostrará en pantalla:

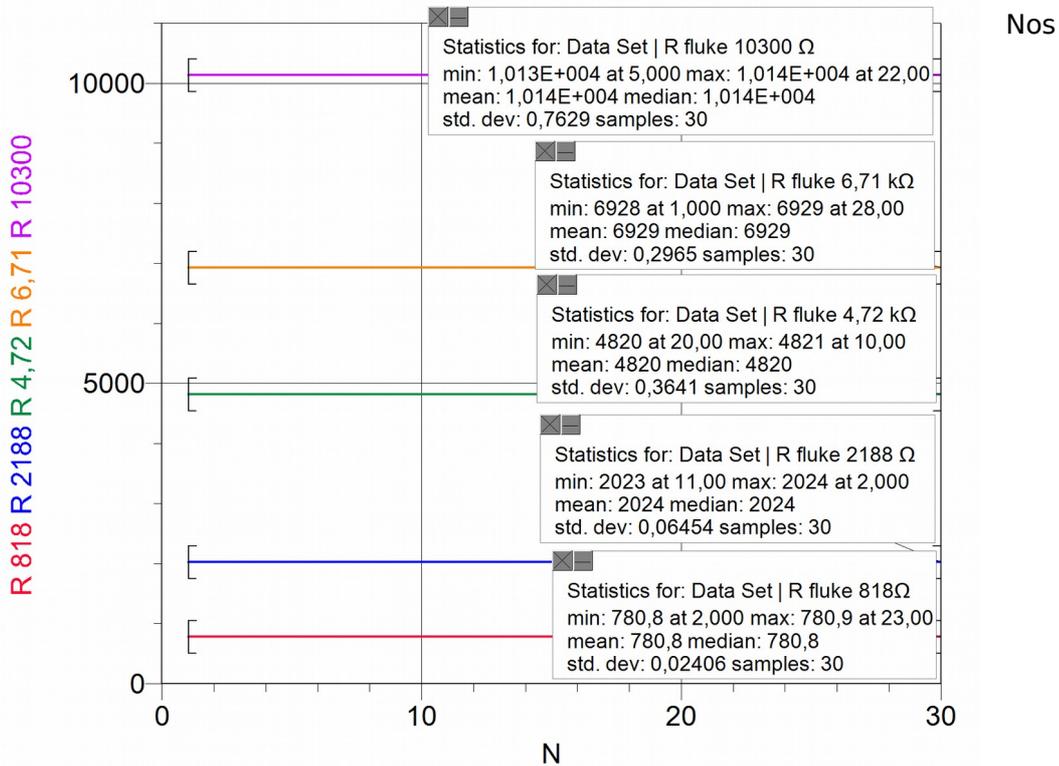


El procedimiento se repite para 5 resistores de resistencias que se encuentran dentro del rango de medida de XO1 (700 a 14000 ohm aproximadamente) elegidas procurando barrer el rango en forma uniforme para detectar no linealidades locales.

Calcularemos el promedio de cada serie, la desviación estándar de cada medida  $\sigma_s$  y a partir de ella la desviación estándar del promedio  $\sigma_{est}$ , y el número óptimo  $N_{op}$ .

La programación es similar a la mostrada más arriba para efectuar mediciones repetidas de voltaje, pero sustituyendo el bloque sensor “voltaje” por el bloque sensor “resistencia”, y los bloques de texto “voltaje promedio=” y “V” (unidad) por los correspondientes “resistencia promedio=” y “ohm” (unidad).

El programa se ejecuta 30 veces para un mismo valor de resistencia. Esta serie se ingresa en Logger Pro para su procesamiento, calculándose el promedio y la desviación estándar de cada medida  $\sigma_s$ ; los resultados se muestran en la gráfica:



interesa analizar el nivel de dispersión estadística de los valores de resistencia medida por XO1, lo cual se resume en el siguiente cuadro:

|                 | $R_{FLUKE} (\Omega)$ | $R_{XO1} \text{ PROMEDIO } (\Omega)$ | $\sigma_s$ | $\sigma_{est}$ | $N_{op}$ |             |
|-----------------|----------------------|--------------------------------------|------------|----------------|----------|-------------|
| Puede que el de | 818                  | 780.8                                | 0.02406    | 0,004393       | 7        | verse nivel |
|                 | 2188                 | 2024                                 | 0.06454    | 0,01178        | 43       |             |
|                 | $4.72 \times 10^3$   | 4820                                 | 0.3641     | 0,06647        | 1327     |             |
|                 | $6.71 \times 10^3$   | 6929                                 | 0.2965     | 0,05413        | 880      |             |
|                 | 10300                | $1.014 \times 10^4$                  | 0.7629     | 0,1393         | 5821     |             |

dispersión es tal que no resulta práctico medir con apreciación igual a la centésima de ohm (No resulta práctico medir 5821 veces). Esto sucede porque estamos en las condiciones donde se cumple  $\sigma_{est} > \sigma_{nom}$ , donde la dispersión estadística es más importante que las incertezas nominales.

En realidad, tenemos que definir el valor de la apreciación con criterio práctico de tal forma que pueda obtenerse una medida razonable al medir una sola vez. Para ello calcularemos el valor a utilizar en la apreciación (considerada igual a  $\sigma_{nom}$ ) para que el  $N_{op}$  sea menor a 1.5. De acuerdo a ello y utilizando la expresión

$$N_{op} = \left\lceil \frac{\sigma_s}{\sigma_{nom}} \right\rceil^2 + 1, \text{ puede deducirse que medir resistencias con una apreciación de } \mathbf{1}$$

$\Omega$ , nos permite alcanzar nuestro objetivo.

## **Conclusiones:**

a- Si se utiliza XO1 como Óhmetro en forma directa se obtendrán medidas que pueden diferir en exactitud hasta un alejamiento de 3% con respecto al instrumento patrón.

La función  $R_{REF} = f(R_{XO1})$  que vincula ambas variables presenta una no linealidad que permite definir dos procedimientos para recuperar la calibración y determinar el nivel de precisión de las medidas de resistencia:

1-Calcular el coeficiente de exactitud en medidas de resistencia  $C_R$  y utilizarlo como factor de ajuste de calibración o

2-Realizar una regresión polinómica de tercer grado para obtener un nivel superior de exactitud y precisión.

b-Una vez corregida la calibración por el "procedimiento 1", la incertidumbre combinada de XO1 como óhmetro puede calcularse como:

$$\pm(1\Omega + 5\% \text{ del valor leído en pantalla})$$

En caso de utilizar el "procedimiento 2", la incertidumbre combinada de XO1 como óhmetro puede calcularse como:

$$\pm(1\Omega + 2\% \text{ del valor leído en pantalla})$$

## **NOTA:**

Una opción práctica para trabajar con estos conceptos en forma rápida cuando se están calibrando sensores como temperatura o nivel de iluminación (iluminancia), es la siguiente:

Si se realiza una curva de calibración Temperatura/Resistencia o iluminancia/Resistencia, la inexactitud e imprecisión quedan ocultas dentro de los parámetros de la curva de ajuste aplicada al calibrar el sensor. Esto tiene de ventaja que simplifica el tratamiento de estos conceptos y tiene de desventaja que los parámetros sirven solamente para la XO1 que se está utilizando.

## 9.2 Exactitud y precisión en medidas con XO1.5.

### Nota 1:

- 1- Los resultados que se muestran a continuación corresponden a medidas realizadas con XO1.5, SKU 121. Esto corresponde al modelo CL1C conocido como XO1.5HS, distribuido por Plan Ceibal entre los alumnos de ciclo básico de Enseñanza Secundaria Pública (liceo) cuando se realizó el primer plan recambio donde este modelo sustituía la XO1 que los estudiantes entregaban a cambio. Los liceales del Departamento de Canelones recibieron, en cambio, la netbook JP S.A. Couto Modelo Magalhães MG10T (conocida como Magallanes MG2).

### Nota 2:

A partir de XO1.5, las netbooks incorporan entrada de micrófono externo estéreo, por lo cual se puede medir dos voltajes (“voltaje” y “voltaje2”) o resistencias (“resistencia” y “resistencia2”) a la vez; esto se conoce (por estar vinculado a medidas en osciloscopio doble canal, o bien al trabajo en audio) como medidas por canal izquierdo CHL (por su notación en inglés) y canal derecho CHR.

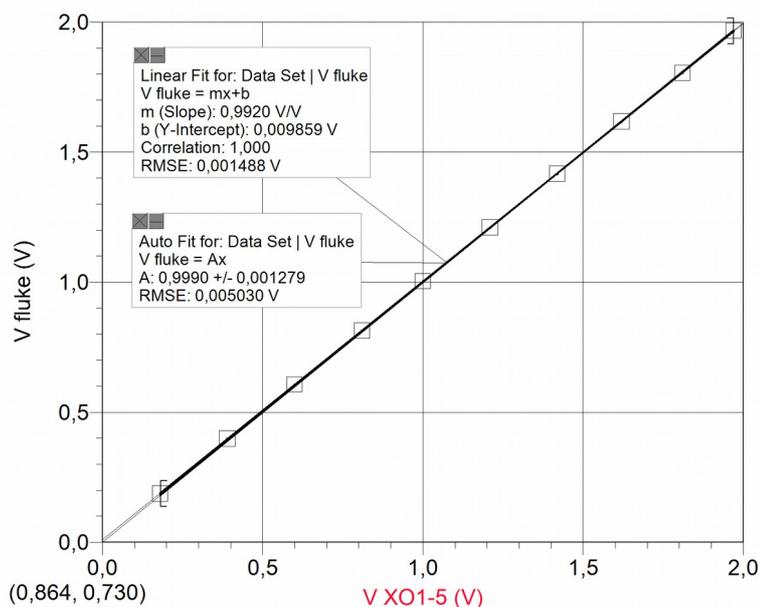
## Exactitud y precisión en medidas de Voltaje con XO1.5:

### Apreciación:

Los voltajes se muestran en pantalla hasta la centésima de Volt, por lo cual la **apreciación** es **0.01 V**.

### Exactitud:

Si bien en este caso tampoco existe dispersión de datos en el orden de la centésima de volt, los valores medidos por la XO y los instrumentos de referencia midiendo el voltaje en forma independiente o simultáneamente suelen no coincidir, por lo cual se debe determinar la exactitud de los resultados obtenidos, calculando el nivel de calibración de XO1.5 como voltímetro; esto puede realizarse analizando el gráfico  $V_{REF} = f(V_{XO1.5})$ . El Voltaje de referencia  $V_{REF}$  en este caso fue medido con tester FLUKE 87. Lo que se indica como  $V_{XO1.5}$  es el voltaje medido por XO en canal izquierdo:



graficados los valores, se incluyen dos ajustes al conjunto de datos: por una parte el ajuste lineal ( $y=mx+b$ ) y por otra el proporcional ( $y=ax$ ); el primero de ellos muestra un **coeficiente de correlación (“Correlation”)=1**, de lo cual se desprende que los datos se ajustan a la función lineal en forma óptima. A favor de la simplicidad, y observando una ordenada en el origen de valor relativo

despreciable, preferimos aplicar el ajuste proporcional (en vez del lineal referido) para relacionar los valores de voltaje entre sí.

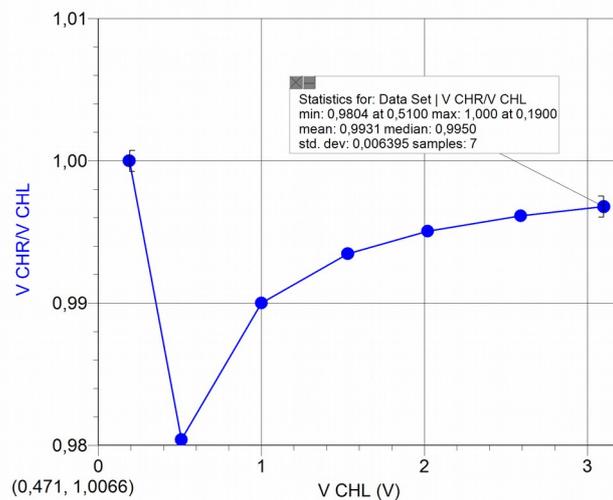
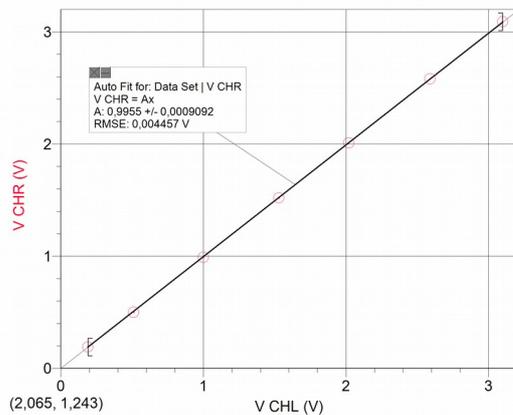
Si bien el ajuste lineal es satisfactorio y prácticamente coincidente con el ajuste proporcional ( $y = Ax$ ), el coeficiente de proporcionalidad **A** (en el caso general) no es la unidad, por lo cual las medidas no son exactas. Para recuperar la exactitud debe utilizarse este factor que podemos llamar (para el caso) *coeficiente de exactitud en medidas de voltaje*, y que podemos abreviar **c<sub>v</sub>**. En consecuencia, cualquier medida de voltaje debe corregirse mediante la expresión:

$$V_{\text{corregido}} = c_v \cdot \text{Voltaje}$$

(En el caso mostrado, como **A=0.999**, no se justifica realizar corrección alguna)

### **Exactitud relativa: medidas de voltaje en doble canal.**

Se debe comparar en nivel de calibrado relativo entre las medidas obtenidas en ambos canales: se supone que ambos manejan el mismo nivel de exactitud, sin embargo las medidas que hemos tomado no lo confirman, como muestran las gráficas:



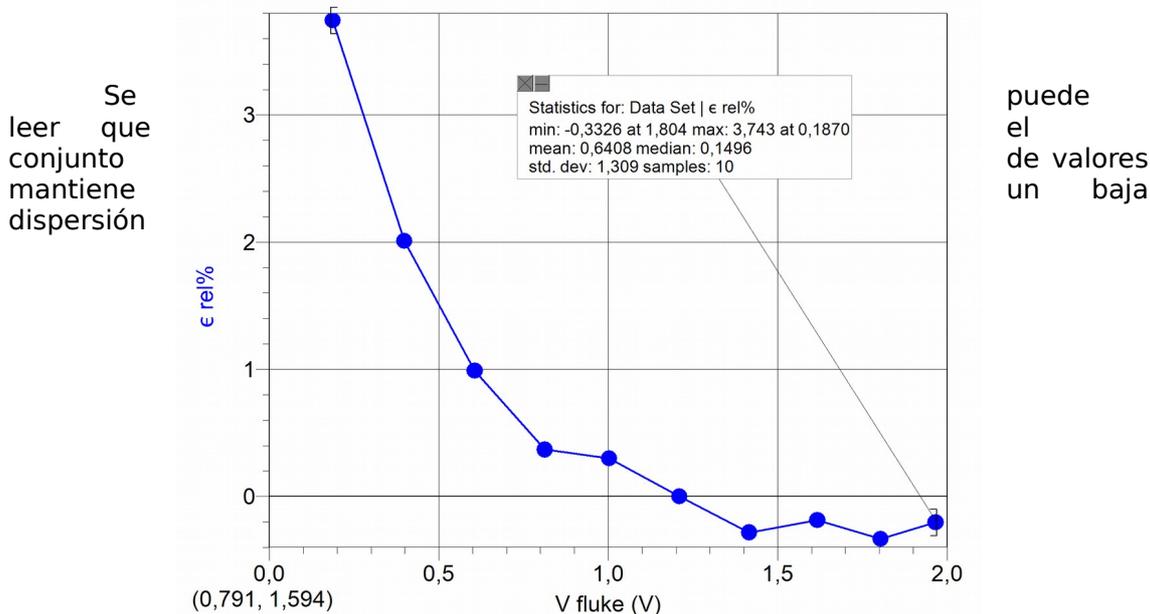
La izquierda muestra un ajuste proporcional de coeficiente **A=0.9955**, lo que podría sugerir un acuerdo entre medidas; sin embargo, la gráfica derecha muestra ( $V_{\text{CHL}}=0.51 \text{ V}$ ) que los valores pueden diferir hasta en un 2%.

### **Precisión:**

#### **Precisión asociada a la linealidad.**

### **Cálculo del nivel de dispersión en medidas de Voltaje con respecto al ajuste proporcional (una vez calibrada la XO1.5)**

Los resultados se resumen en la gráfica siguiente donde se representa la desviación relativa porcentual  $\epsilon_r\%$  en función de  $V_{FLUKE}$ , el voltaje de referencia:



porcentual con respecto al ajuste aplicado para voltajes por encima de 0.50 V (menos del 1%), sin embargo estas desviaciones pueden ser mucho mayores para valores menores (3.74% para 0.19 V). La desviación estándar para los 10 valores mostrados está en el orden del 1.3%.

### **Conclusiones:**

a- Si se utiliza XO1.5 como Voltímetro en forma directa se obtendrán medidas que pueden diferir en exactitud con respecto al instrumento patrón. Para obtener resultados más exactos deberá calcularse, antes de comenzar a medir y para cada XO en particular, el coeficiente de exactitud en medidas de voltaje  $C_v$ . Debe calcularse un coeficiente por canal (CHL y CHR), ya que pueden no coincidir entre sí.

Este factor debe multiplicar el bloque de sensor "voltaje" (CHL) y "voltaje2" (CHR) cada vez que se use.

b-La incertidumbre de XO1.5 como voltímetro:

$\pm(0.01 \text{ V} + \text{un porcentaje en el orden del } 2 \% \text{ del valor leído en pantalla})$

### **Impedancia de entrada de XO1.5 como voltímetro:**

Los datos relativos a la XO1.5 indican que su impedancia de entrada está en el orden de los 15 k $\Omega$ . Este valor, 10 veces inferior al de XO1, debe tenerse en cuenta para evaluar el uso de esta netbook como voltímetro.

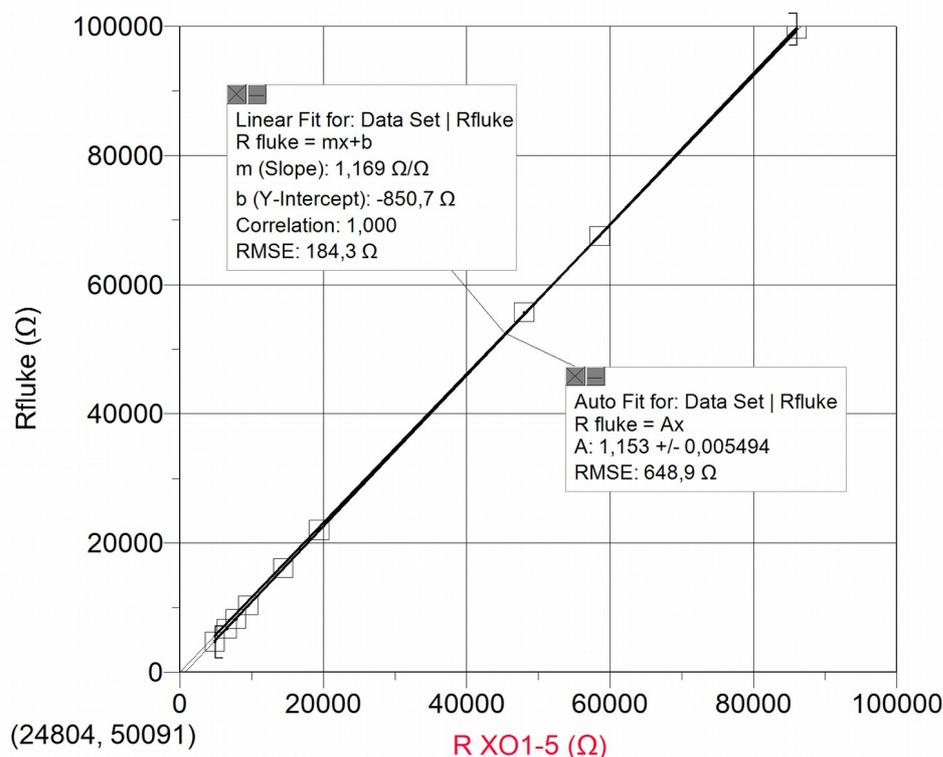
## Exactitud y precisión en medidas de Resistencia con XO1.5:

### Apreciación:

Las resistencias se muestran en pantalla hasta la centésima de ohm, por lo cual la **apreciación** es **0.01 Ω**. No obstante (y como puede observarse cuando se está ejecutando la programación) la cifra correspondiente a este orden decimal (y muchas veces las dos que la preceden) varían en forma permanente por lo cual la determinación de la incerteza absoluta en medidas de esta magnitud depende de factores que deben cuantificarse con detalle.

### Exactitud:

Los valores de resistencia medidos por la XO y el instrumento de referencia (tester FLUKE 87) en general no coinciden, lo cual nos indica que se debe corregir el nivel de calibrado (exactitud) de XO1.5 como óhmetro lo cual puede realizarse analizando el gráfico  **$R_{REF} = f(R_{XO1.5})$** .



Una vez graficados los valores, se incluyen dos ajustes al conjunto de datos: por una parte el ajuste lineal ( **$y=mx+b$** ) y por otra el proporcional ( **$y=ax$** ); el primero de ellos muestra un **coeficiente de correlación ("Correlation")=1**, de lo cual se desprende que los datos se ajustan a la función lineal en forma óptima. A favor de la simplicidad, y observando una ordenada en el origen de valor relativo despreciable, preferimos aplicar el ajuste proporcional (en vez del lineal referido) para relacionar los valores de resistencia entre sí.

Si bien el ajuste lineal es satisfactorio y prácticamente coincidente con el ajuste proporcional ( $y= Ax$ ), el coeficiente de proporcionalidad **A** (en el caso general) no es la unidad, por lo cual las medidas no son exactas. Para recuperar la exactitud debe calcularse el *coeficiente de exactitud en medidas de resistencia*, factor de corrección que abreviaremos  **$c_R$**  (que en el caso mostrado su valor es de **1.153**). Toda medida de resistencia debe corregirse mediante la expresión:

$$R_{XO1.5 \text{ corregida}} = C_R \cdot R_{XO1.5}$$

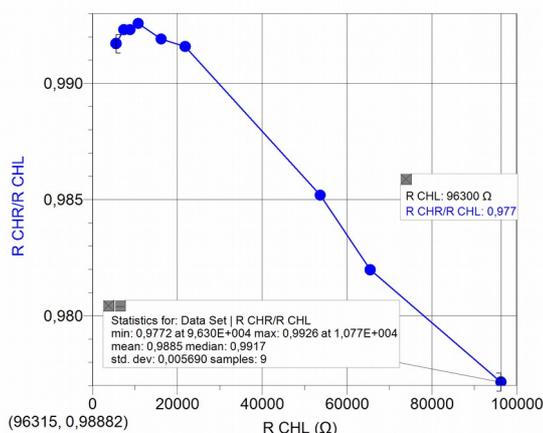
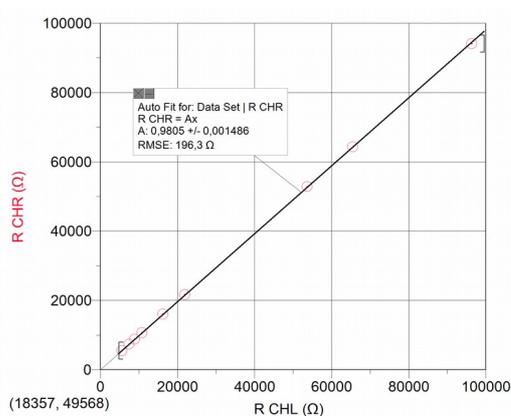
En el caso que nos ocupa es:

$$R_{XO1.5 \text{ corregida}} = (1.153) \cdot R_{XO1.5}$$

siendo " $R_{XO1.5}$ " la medida directamente por el CHL de la XO1.5.

### Exactitud relativa: medidas de resistencia en doble canal.

Se debe comparar en nivel de calibrado relativo entre las medidas obtenidas en ambos canales: se supone que ambos manejan el mismo nivel de exactitud, sin embargo las medidas que hemos tomado no lo confirman, como muestran las gráficas:



La izquierda muestra un ajuste proporcional de coeficiente  $A=0.9805$ , lo que podría sugerir un acuerdo entre medidas; sin embargo, la gráfica derecha muestra ( $R_{CHL}=96300\Omega$ ) que los valores pueden diferir hasta en un 2%.

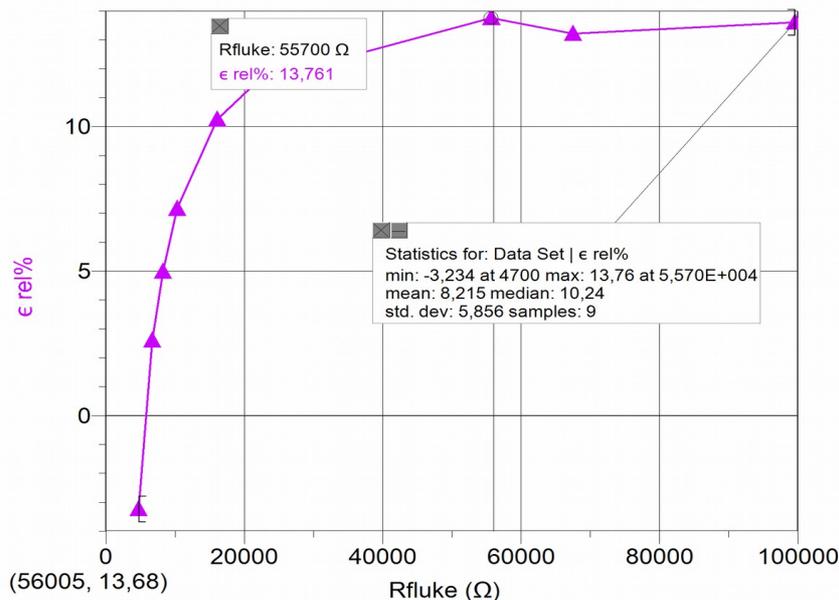
OBSERVACIÓN: Si bien se supone que cada canal es un medidor independiente, hemos detectado que para medidas a partir de  $R_{CHL}=96300\Omega$  cuando CHR está abierto ( $R_{CHR}>infinito$ ), se obtienen lecturas de resistencia menores al alcance, cuando no debería modificarse.

### Precisión:

#### Precisión asociada a la linealidad:

#### **a- Cálculo del nivel de dispersión en medidas de resistencia con respecto al ajuste proporcional (una vez calibrada la XO1.5)**

Una vez recuperado el nivel de calibrado mediante la introducción del coeficiente  $C_R$ , debe calcularse qué tan apartados del ajuste proporcional se encuentran los valores de resistencia (ya corregidos) medidos por XO1.5. Para ello se calcularon las desviaciones relativas porcentuales de los valores de resistencia con respecto al ajuste proporcional. Los resultados se resumen en la gráfica siguiente:



Si bien puede verse que para los 9 valores medidos la desviación estándar es del orden del 6%, para todas las resistencias por encima de  $R_{CHL}=15000 \Omega$  las desviaciones se ubican en el entorno del 13%.

**Precisión asociada a la dispersión estadística de las medidas:**

Determinaremos qué nivel de dispersión estadística existe al medir repetidas veces una misma resistencia. Para hacer esto, se suelda al cable de audio (a conectar a la entrada de micrófono externo de XO) un resistor de resistencia conocida cuyo valor se encuentre dentro del rango de medida de XO1.5, y se espera el tiempo suficiente para que el conjunto adquiera la temperatura ambiente; esto debe hacerse ya que la resistencia depende de la temperatura y de lo contrario se corre el riesgo de suponer estar midiendo un valor único de resistencia cuando en realidad está variando.

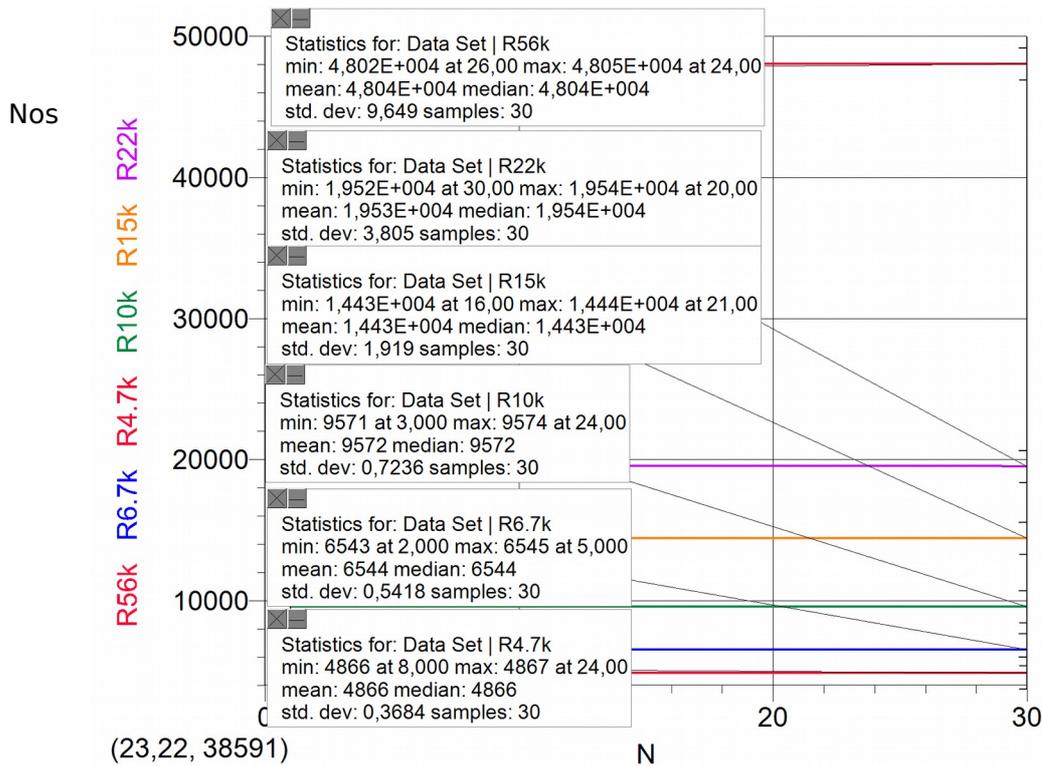
A continuación, compararemos las medidas que resultan de medir esa resistencia con el tester patrón FLUKE 87 y la XO. Se utilizará la Actividad TURTLEBLOCKS, en la cual se programará la lectura de 50 medidas consecutivas de resistencia, valores cuyo promedio se calculará y mostrará en pantalla.

El procedimiento se repite para 6 resistores de resistencias que se encuentran dentro del rango de medida de XO1.5 (2600  $\Omega$  a 420 M $\Omega$  aproximadamente) elegidas procurando barrer el rango en forma uniforme para detectar no linealidades locales.

Calcularemos el promedio de cada serie, la desviación estándar de cada medida  $\sigma_s$  y a partir de ella la desviación estándar del promedio  $\sigma_{est}$ , y el número óptimo  $N_{op}$ .

La programación es similar a la mostrada más arriba para efectuar mediciones repetidas de voltaje, pero sustituyendo el bloque sensor "voltaje" por el bloque sensor "resistencia", y los bloques de texto "voltaje promedio=" y "V" (unidad) por los correspondientes "resistencia promedio=" y "ohm" (unidad).

El programa se ejecuta 30 veces para un mismo valor de resistencia. Esta serie se ingresa en Logger Pro para su procesamiento, calculándose el promedio y la desviación estándar de cada medida  $\sigma_s$ :



interesa analizar el nivel de dispersión estadística de los valores de resistencia medida por XO1.5, lo cual se resume en el siguiente cuadro:

verse que dispersión no resulta medir con igual a la de ohm (No práctico 931033

| $R_{XO1.5}$ PROMEDIO ( $\Omega$ ) | $\sigma_s$ | $\sigma_{est}$ | $N_{op}$ |
|-----------------------------------|------------|----------------|----------|
| 4866                              | 0,3684     | 0,06726        | 1358     |
| 6544                              | 0,5418     | 0,09892        | 2936     |
| 9572                              | 0,7236     | 0,1321         | 5237     |
| 14430                             | 1,919      | 0,3503         | 36827    |
| 19530                             | 3,8        | 0,6938         | 144401   |
| 48040                             | 9,649      | 1,762          | 931033   |

Puede el nivel de es tal que práctico apreciación centésima resulta medir veces).

Esto sucede porque estamos en las condiciones donde se cumple  $\sigma_{est} > \sigma_{nom}$ , donde la dispersión estadística es más importante que las incertezas nominales.

En realidad, tenemos que definir el valor de la apreciación con criterio práctico de tal forma que pueda obtenerse una medida razonable al medir una sola vez. Para ello calcularemos el valor a utilizar en la apreciación (considerada igual a  $\sigma_{nom}$ ) para que el  $N_{op}$  sea menor a 1.5. De acuerdo a ello y utilizando la expresión

$$N_{op} = \left( \frac{\sigma_s}{\sigma_{nom}} \right)^2 + 1, \text{ puede deducirse que medir resistencias con una apreciación de}$$

**10  $\Omega$** , nos permite alcanzar nuestro objetivo.

## Conclusiones:

a- Si se utiliza XO1.5 como Óhmetro en forma directa se obtendrán medidas que pueden diferir en exactitud con respecto al instrumento patrón. Para obtener resultados más exactos deberá calcularse, antes de comenzar a medir y para cada XO en particular, el coeficiente de exactitud en medidas de resistencia  $C_R$ . Debe calcularse un coeficiente por canal (CHL y CHR), ya que pueden no coincidir entre sí.

Este factor debe multiplicar el bloque de sensor “resistencia” (CHL) y “resistencia2” (CHR) cada vez que se use.

b-Una vez corregida la calibración la incertidumbre combinada de XO1.5 como óhmetro puede calcularse como:

$$\pm(10\Omega + \text{un porcentaje en el orden del } 6\% \text{ del valor leído en pantalla})$$

Esto describe desviaciones medias. Para medidas por encima de  $R_{CHL}=15000\ \Omega$  las desviaciones se ubican en el entorno del 13%.

### **9.3 Exactitud y precisión en medidas con XO1.75 en sus variedades SKU199 (modelo para desarrolladores) y SKU206 (modelo distribuido por Plan Ceibal).**

**Nota 1:** Los resultados que se muestran a continuación corresponden a medidas realizadas con XO1.75 en su variante SKU 199. Esto corresponde al modelo CL2A, fabricado por OLPC para pruebas de desarrolladores. Este modelo es similar pero no idéntico al que será distribuido por Plan Ceibal entre los alumnos de la escuela pública primaria (u otros destinatarios que se definan a futuro). Es por ello que estos resultados deben revisarse con los que se puedan obtener cuando el nuevo modelo de XO1.75 llegue al país. No se extraerán conclusiones en este apartado, ya que no coincidirán con el modelo a distribuir en Uruguay. Como no disponemos de unos de ellos para medidas, preferimos informar solamente los datos obtenidos al medir con el modelo del que disponemos.

**Nota 2:** Sobre fines de la concreción de este trabajo pudimos acceder a XO1.75 en su variante SKU 206 la cual fue distribuida por Plan Ceibal entre algunos de los escolares de los cursos superiores de Primaria. Realizamos medidas de prueba en ella y presentamos los resultados obtenidos aquí aunque no con la profundidad del tratamiento de datos en los modelos y variantes anteriores.

**Nota 3:** A partir de XO1.5, las netbooks incorporan entrada de micrófono externo estéreo, por lo cual se puede medir dos voltajes (“voltaje” y “voltaje2”) o resistencias (“resistencia” y “resistencia2”) a la vez; esto se conoce (por estar vinculado a medidas en osciloscopio, o bien al trabajo en audio) como medidas por canal izquierdo CHL (por su notación en inglés) y canal derecho CHR.

## Medidas de Voltaje y Resistencia con XO1.75 SKU 199

### **Exactitud y precisión en medidas de Voltaje con XO1.75 SKU 199:**

#### **Impedancia de entrada de XO1.75 SKU 199 como voltímetro:**

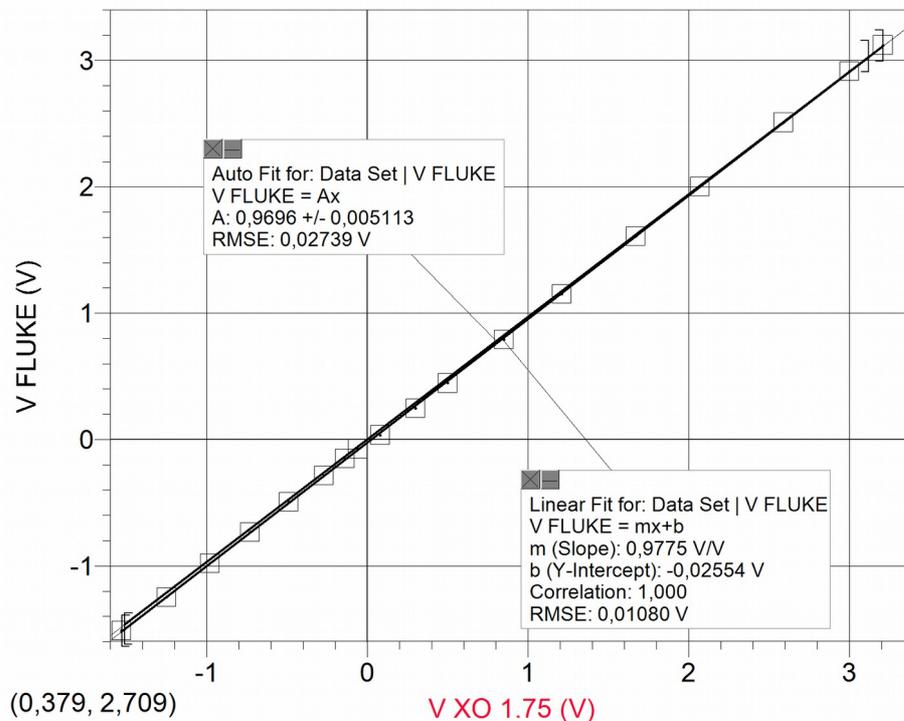
Los datos relativos a la XO1.75 indican que su impedancia de entrada está entre 1k $\Omega$  (SKU199) y 4k $\Omega$  (SKU204) (valor muy pequeño, de 150 a 40 veces inferior a XO1) lo cual la convierte en un voltímetro de utilidad relativa.

#### **Apreciación:**

Los voltajes se muestran en pantalla hasta la centésima de Volt, por lo cual la **apreciación** es **0.01 V**.

#### **Exactitud:**

Si bien en este caso tampoco existe dispersión de datos en el orden de la centésima de volt, los valores medidos por la XO y los instrumentos de referencia midiendo el voltaje en forma independiente o simultánea suelen no coincidir, por lo cual se debe determinar la exactitud de los resultados obtenidos, calculando el nivel de calibración de XO1.75 como voltímetro; esto puede realizarse analizando el gráfico  $V_{REF} = f(V_{XO1.75})$ . El Voltaje de referencia  $V_{REF}$  en este caso fue medido con tester FLUKE 87. Lo que se indica como  $V_{XO1.75}$  es el voltaje medido por XO en canal izquierdo:



Una vez graficados los valores, se incluyen dos ajustes al conjunto de datos: por una parte el ajuste lineal ( $y=mx+b$ ) y por otra el proporcional ( $y=ax$ ); el primero de ellos muestra un **coeficiente de correlación ("Correlation")=1**, de lo cual se desprende que los datos se ajustan a la función lineal en forma óptima. A favor de la simplicidad, y observando una ordenada en el origen de valor relativo

despreciable, preferimos aplicar el ajuste proporcional (en vez del lineal referido) para relacionar los valores de voltaje entre sí.

Si bien el ajuste lineal es satisfactorio y prácticamente coincidente con el ajuste proporcional ( $y = Ax$ ), el coeficiente de proporcionalidad **A** no es la unidad, por lo cual las medidas no son exactas. Para recuperar la exactitud debe utilizarse este factor que podemos llamar (para el caso) *coeficiente de exactitud en medidas de voltaje*, y que podemos abreviar **c<sub>v</sub>**. En el caso mostrado, su valor es de **0.9696**, por lo cual cualquier medida de voltaje debe corregirse mediante la expresión:

$$V_{\text{corregido}} = c_v \cdot \text{Voltaje}$$

que, para el caso que nos ocupa, es:

$$V_{\text{corregido}} = (0.9696) \cdot \text{Voltaje}$$

siendo “**Voltaje**” el medido directamente por el CHL de la XO1.75.

**Exactitud relativa: medidas de voltaje en doble canal.**

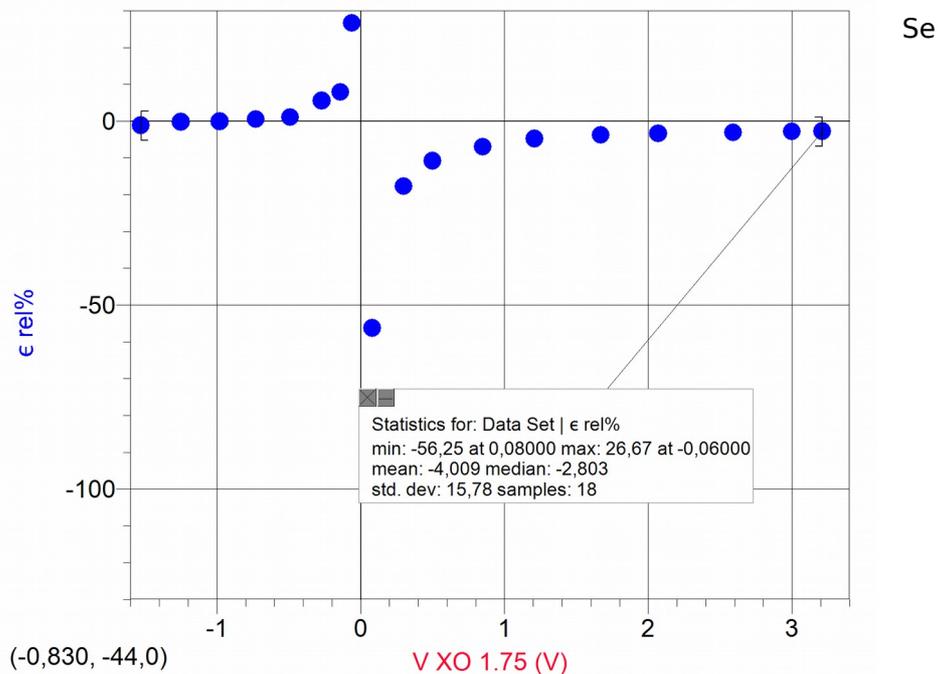
Se debe comparar en nivel de calibrado relativo entre las medidas obtenidas en ambos canales: se supone que ambos manejan el mismo nivel de exactitud, sin embargo esto debe verificarse realizando las medidas (como se mostró en XO1.5).

**Precisión:**

**Precisión asociada a la linealidad.**

**Cálculo del nivel de dispersión en medidas de Voltaje con respecto al ajuste proporcional (una vez calibrada la XO1.75 SKU 199)**

Los resultados se resumen en la gráfica siguiente donde se representa la desviación relativa porcentual  $\epsilon_r\%$  en función de  $V_{\text{FLUKE}}$ , el voltaje de referencia:



puede leer que el conjunto de valores mantiene una desviaciones relativas porcentuales con respecto al ajuste aplicado con una desviación estándar (para los 18 valores mostrados) que está en el orden del 16%.

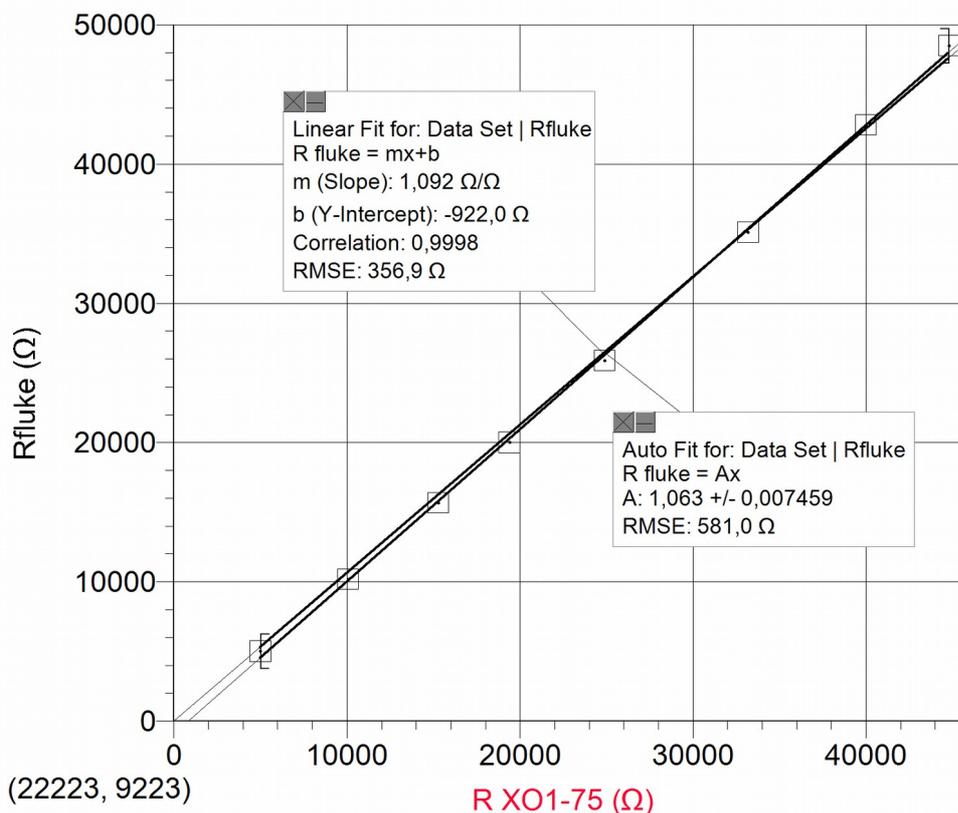
## Exactitud y precisión en medidas de Resistencia con XO1.75 SKU 199:

### Apreciación:

Las resistencias se muestran en pantalla hasta la centésima de ohm, por lo cual la **apreciación** es **0.01 Ω**. No obstante (y como puede observarse cuando se está ejecutando la programación) la cifra correspondiente a este orden decimal (y muchas veces las dos que la preceden) varían en forma permanente por lo cual la determinación de la incerteza absoluta en medidas de esta magnitud depende de factores que deben cuantificarse con detalle. Esta medida de dispersión no se desarrolló para este modelo de XO.

### Exactitud:

Los valores de resistencia medidos por la XO y el instrumento de referencia (tester FLUKE 87) en general no coinciden, lo cual nos indica que se debe corregir el nivel de calibrado (exactitud) de XO1.75 como óhmetro lo cual puede realizarse analizando el gráfico  **$R_{REF} = f(R_{XO1.75})$** :



Una vez graficados los valores, se incluyen dos ajustes al conjunto de datos: por una parte el ajuste lineal ( $y=mx+b$ ) y por otra el proporcional ( $y=ax$ ); el primero de ellos muestra un **coeficiente de correlación ("Correlation")=0.9998**, de lo cual se desprende que los datos se ajustan a la función lineal en forma (casi) óptima. A favor de la simplicidad, y observando una ordenada en el origen de valor relativo despreciable, preferimos aplicar el ajuste proporcional (en vez del lineal referido) para relacionar los valores de resistencia entre sí.

Si bien el ajuste lineal es satisfactorio y prácticamente coincidente con el ajuste proporcional ( $y= Ax$ ), el coeficiente de proporcionalidad **A** (en el caso general) no es la unidad, por lo cual las medidas no son exactas. Para recuperar la exactitud debe calcularse el *coeficiente de exactitud en medidas de resistencia*,

factor de corrección que abreviaremos  $C_R$  (que en el caso mostrado su valor es de **1.063**). Toda medida de resistencia debe corregirse mediante la expresión:

$$R_{XO1.75 \text{ corregida}} = C_R \cdot R_{XO1.75}$$

En el caso que nos ocupa es:

$$R_{XO1.75 \text{ corregida}} = (1.063) \cdot R_{XO1.75}$$

siendo " $R_{XO1.75}$ " la medida directamente por el CHL de la XO1.75.

### **Exactitud relativa: medidas de resistencia en doble canal.**

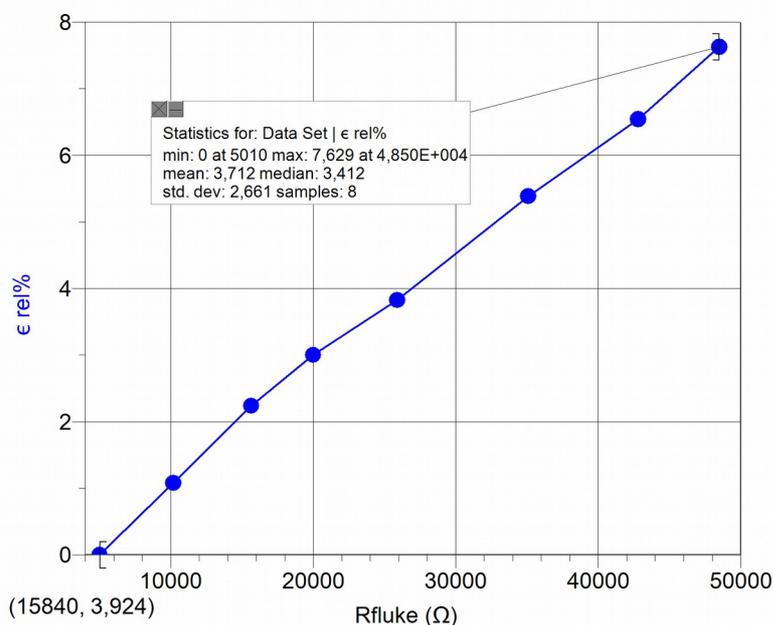
Se debe comparar en nivel de calibrado relativo entre las medidas obtenidas en ambos canales: se supone que ambos manejan el mismo nivel de exactitud, sin embargo esto debe verificarse realizando las medidas (como se mostró en XO1.5).

### **Precisión:**

#### **Precisión asociada a la linealidad:**

#### **a- Cálculo del nivel de dispersión en medidas de resistencia con respecto al ajuste proporcional (una vez calibrada la XO1.75)**

Una vez recuperado el nivel de calibrado mediante la introducción del coeficiente  $C_R$ , debe calcularse qué tan apartados del ajuste proporcional se encuentran los valores de resistencia (ya corregidos) medidos por XO1.75. Para ello se calcularon las desviaciones relativas porcentuales de los valores de resistencia con respecto al ajuste proporcional. Los resultados se resumen en la gráfica siguiente:



Para los 8 valores medidos la desviación estándar es del orden del 3%.

## **Medidas de Voltaje y Resistencia con XO1.75 SKU 206**

### **Nota:**

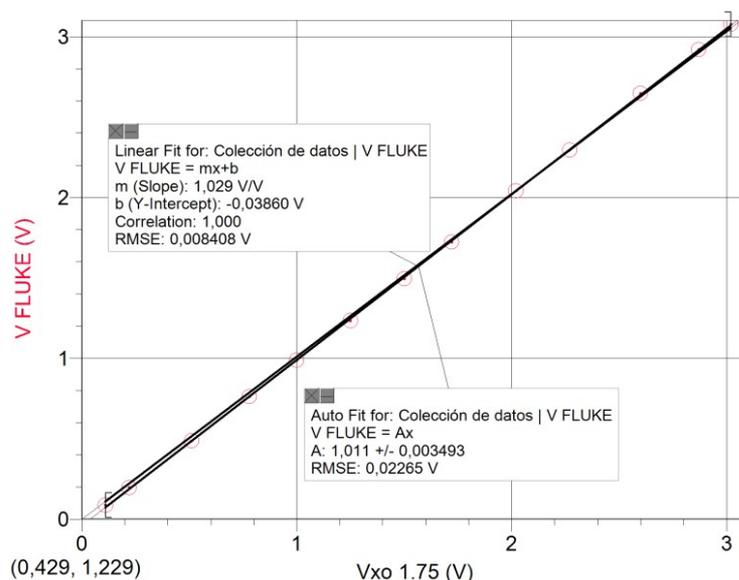
Se trabajó con una XO1.75 con ensamble 161 Versión a (Dextrose 3 uy), SUGAR 0.94.1, midiendo solamente en su canal izquierdo (CHL). Para realizar las medidas se instaló TB v.158 (la versión 160 no funcionó bien). Las medidas que se obtienen con la Actividad Medir v.42 no coinciden con las obtenidas con TB v.158 (las cuales son correctas).

Es importante destacar que al momento de culminar esta investigación detectamos un problema importante en este modelo: cuando la Actividad TB intenta medir voltaje o resistencia en un canal, obtiene aleatoriamente la lectura correspondiente a ése canal o al otro; este problema hace por el momento imposible usar las aplicaciones que involucren estas medidas. En consultas que realizamos sobre el problema se nos informó que se trata de un error (“bug”) de bajo nivel sobre el cual se está trabajando.

Las medidas primarias para determinar la impedancia como voltímetro arrojaron resultados del orden de magnitud del kΩ.

## Medidas de Voltaje

Se midieron voltajes entre -0.3 y 3.03 V, obteniéndose la siguiente gráfica (solo se muestran voltajes entre 0 y 3.03 V):



Si bien el ajuste lineal es satisfactorio y prácticamente coincidente con el ajuste proporcional ( $y = Ax$ ), el coeficiente de proporcionalidad **A** no es la unidad, por lo cual las medidas no son exactas. Para recuperar la exactitud debe utilizarse este factor que podemos llamar (para el caso) *coeficiente de exactitud en medidas de voltaje*, y que podemos abreviar **c<sub>v</sub>**. En el caso mostrado, su valor es de **1.011**, por lo cual cualquier medida de voltaje debe corregirse mediante la expresión:

$$V_{\text{corregido}} = c_v \cdot \text{Voltaje}$$

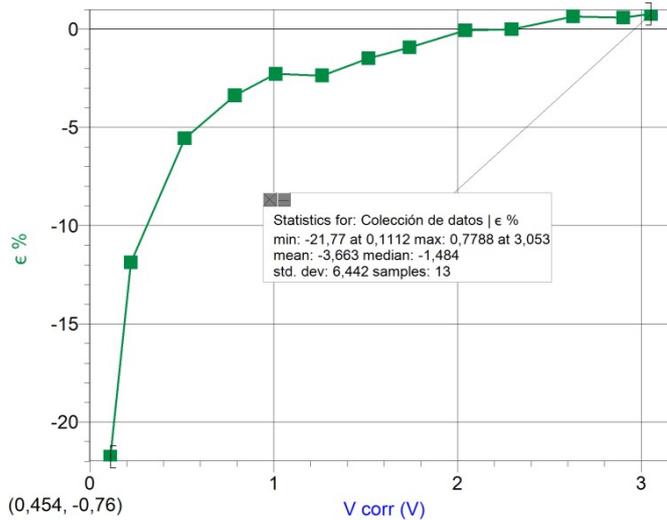
que, para el caso que nos ocupa, es:

$$V_{\text{corregido}} = 1.011 \cdot \text{Voltaje}$$

siendo “**Voltaje**” el medido directamente por el CHL de la XO1.75.

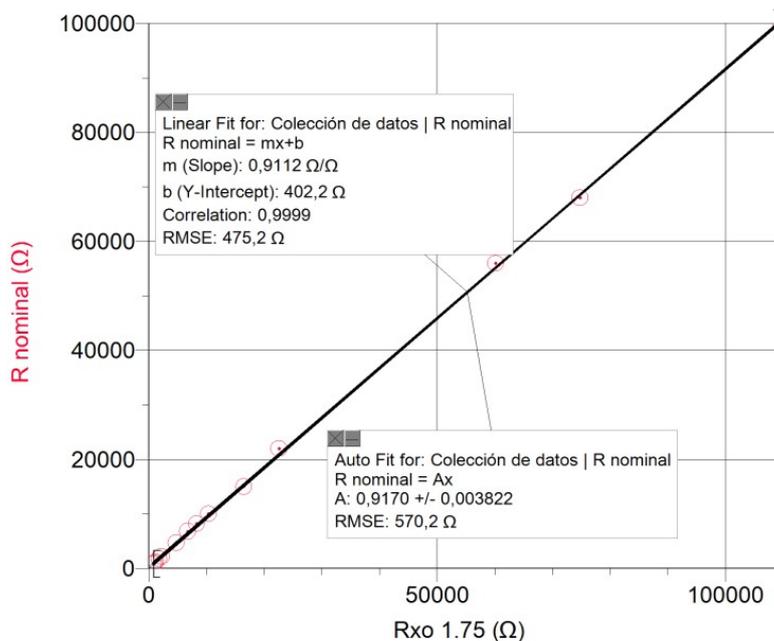
Una vez recuperada la exactitud se estudió la dispersión de datos con respecto al ajuste proporcional; se pueden observar desviaciones grandes para valores pequeños de voltaje, obteniéndose una desviación estándar de las dispersiones en el orden del 6%:

## Medidas



## de Resistencia

Se conectaron resistores de distinta resistencia (entre 820 Ω y 100 kΩ) al cable de audio mediante pinzas cocodrilo (en este caso no se utilizó soldadura a diferencia de lo hecho en los casos anteriores). Las medidas obtenidas con TB se contrastaron con los valores de resistencia dados por el fabricante:



Para recuperar la exactitud debe calcularse el *coeficiente de exactitud en medidas de resistencia*, factor de corrección que abreviaremos  $C_R$ . Toda medida de resistencia debe corregirse mediante la expresión:

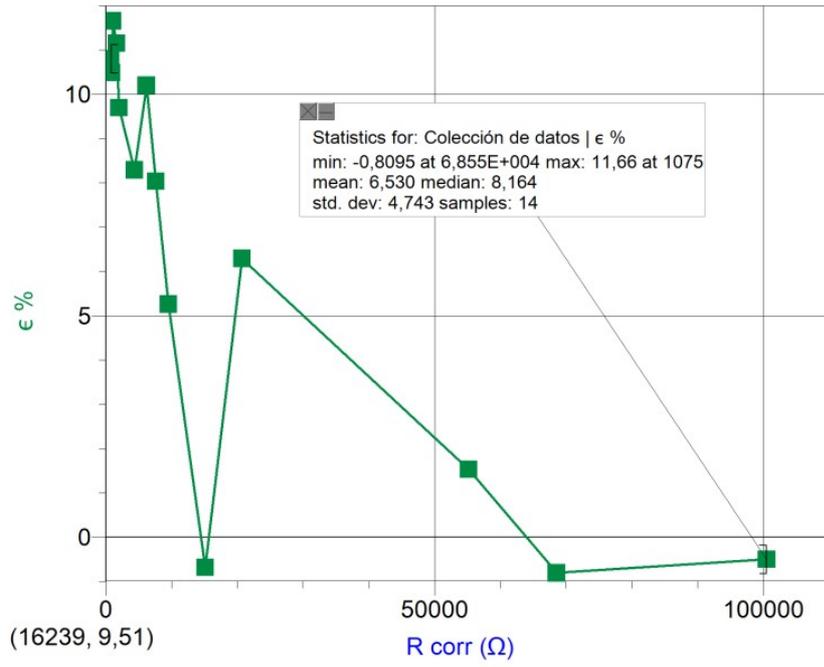
$$R_{XO1.75 \text{ corregida}} = C_R \cdot R_{XO1.75}$$

En el caso que nos ocupa es:

$$R_{XO1.75 \text{ corregida}} = (0.9170) \cdot R_{XO1.75}$$

siendo " $R_{XO1.75}$ " la medida directamente por el CHL de la XO1.75.

Una vez recuperada la exactitud se estudió la dispersión de datos con respecto al ajuste proporcional; se pueden observar desviaciones grandes para valores pequeños de Resistencia, obteniéndose una desviación estándar de las dispersiones en el orden del 5%:

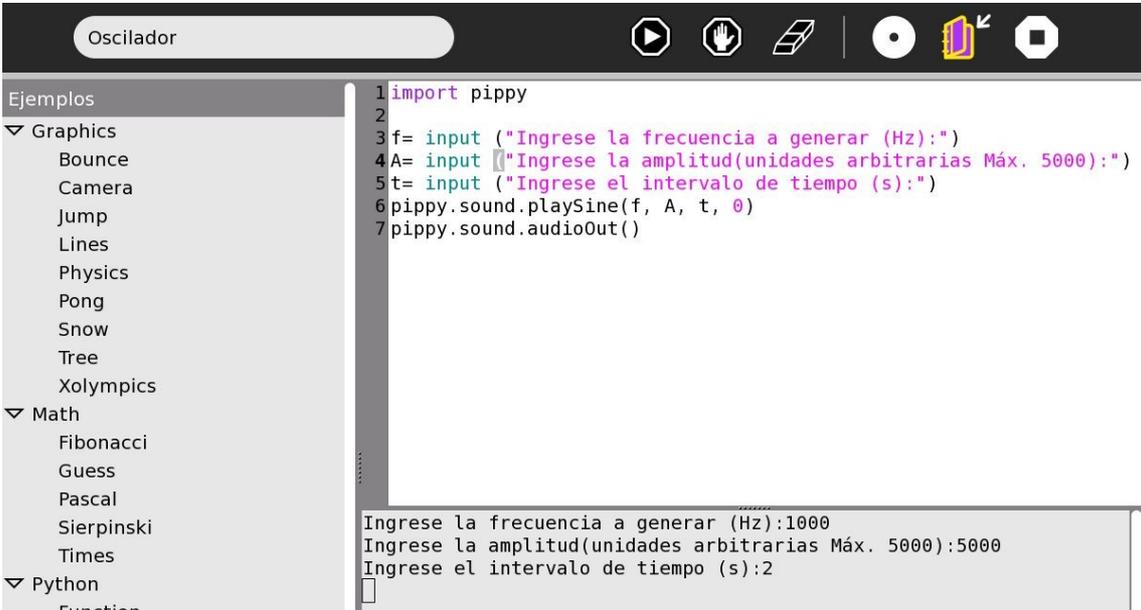


## 10 La conversión Digital a Analógica:

### 10.1 Síntesis de sonido en XO1.

#### SUGAR Actividad Pippy

La XO1 puede sintetizar sonidos mediante el convertor digital a analógico (DAC) integrado en su tarjeta de sonido. La programación de esta síntesis puede realizarse en código Python programando en el ambiente de programación (por línea de comandos) Actividad Pippy incluido en SUGAR. El código siguiente ([Oscilador.py](#)) puede utilizarse para programar la síntesis de sonidos puros de frecuencia (en Hz), amplitud (unidades arbitrarias) y duración (en segundos) deseados:



The screenshot shows the SUGAR environment's 'Oscilador' (Oscillator) activity. On the left is a sidebar with a tree view of examples under categories like Graphics, Math, and Python. The main area contains a Python code editor with the following code:

```
1 import pippy
2
3 f= input ("Ingrese la frecuencia a generar (Hz):")
4 A= input ("Ingrese la amplitud(unidades arbitrarias Máx. 5000):")
5 t= input ("Ingrese el intervalo de tiempo (s):")
6 pippy.sound.playSine(f, A, t, 0)
7 pippy.sound.audioOut()
```

Below the code editor, a terminal window shows the execution output:

```
Ingrese la frecuencia a generar (Hz):1000
Ingrese la amplitud(unidades arbitrarias Máx. 5000):5000
Ingrese el intervalo de tiempo (s):2
```

#### SUGAR Actividad TurtleBlocks (TB)

También puede lograrse la síntesis con la Actividad TurtleBlocks (v.109), con el ejemplo Python "sinewave.py". El mismo debe cargarse desde el menú principal:

*Barra de Herramientas GUARDAR/Cargar bloque Python/"sinewave.py"/Abrir*



Al ejecutar este programa de ejemplo se emite por los parlantes un sonido de 440 Hz de frecuencia (ajustable), amplitud fija y de unos 3 segundos de duración (no ajustable) el cual corresponde a la nota LA (A4).

**Rango de frecuencia de los sonidos sintetizados.**

La tarjeta de sonido de XO1 sintetiza sonidos de frecuencias comprendidas entre 30 Hz y 5000 Hz. Los sonidos sintetizados corresponden a señales sinusoidales (o senoidales) prácticamente puras, aunque se detecta la presencia de componentes de otras frecuencias que las acompañan. En general, se trata de componentes de amplitudes mucho menores a la principal, pero medibles. El siguiente cuadro muestra algunas de ellas y las frecuencias que las acompañan; la medida se realizó con una XO1 emitiendo y una XO1.5 HS detectando el sonido mediante la *Actividad Medir, Sonido, línea de base frecuencia*:

| <b>Frecuencia (Hz)</b> | <b>Frecuencia de componente (Hz)</b> |       |      |      |
|------------------------|--------------------------------------|-------|------|------|
| 400                    | -                                    | -     | -    | -    |
| 800                    | 1200                                 | 1600  | 1950 |      |
| 1000                   | 2000                                 | 3000  | 4000 | 5000 |
| 2000                   | 6000                                 | -     | -    | -    |
| 3000                   | 6000                                 | 7000  | -    | -    |
| 4000                   | 8000                                 | -     | -    | -    |
| 5000                   | 9000                                 | 10000 | -    | -    |

## **Potencia de la señal generada.**

De acuerdo a las especificaciones técnicas, el sonido producido se emite por los parlantes incorporados, los cuales responden en forma óptima al rango comprendido entre 480 y 40 kHz, alimentados por 1.4 W de potencia cada uno, por lo cual los sonidos generados entre los 30 Hz y los 480 Hz se escucharán mal o no se podrán escuchar. Para poder hacerlo deberán conectarse a la salida de auriculares (terminal verde ubicado en el costado izquierdo de la pantalla, salida que puede proveer un potencia máxima de 30 mW a una impedancia de 32 ohm) parlantes amplificados como los utilizados en cualquier PC de escritorio.

Este tipo de dispositivo nos permitirá, además, utilizar la XO como un generador de oscilaciones mecánicas de frecuencia ajustable, herramienta fundamental en un laboratorio de física: en especial si se desean estudiar las oscilaciones mecánicas y las ondas.

Se logran resultados muy aceptables utilizando amplificador y parlantes de bajo costo. La potencia máxima del amplificador, su calidad y la de los parlantes, así como el rango de frecuencias que admitan, nos permitirán la producción de oscilaciones de las frecuencias deseadas. Cabe recordar que esto debe tenerse en cuenta especialmente cuando se desee trabajar con frecuencias bajas, las cuales por lo general están fuera del rango de los parlantes de PC amplificados de bajo costo, y sin embargo, son las que se necesitan para excitar sistemas mecánicos oscilantes como masa-resorte, láminas con un extremo fijo, osciladores de cubeta de ondas en la superficie del agua, etc.

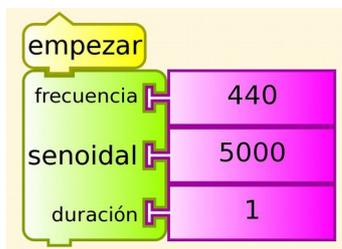
## **10.2 Síntesis de sonido en XO1.5**

La XO1.5 distribuida (inicialmente) por Plan Ceibal entre estudiantes de Secundaria viene con doble boot: puede iniciar en SUGAR o bien en Linux Fedora con escritorio Gnome (versión: 2.26.3, Distribuidor: Red Hat, Inc., Fecha de compilación: 07/07/09). Se describe a continuación la síntesis de sonidos puros en ambas interfaces gráficas.

### **SUGAR Actividad TurtleBlocks (TB)**

Al igual que la XO1, la XO1.5 puede sintetizar sonidos mediante el convertor digital a analógico (DAC) integrado en su tarjeta de sonido. La programación de esta síntesis puede realizarse en código Python programando en el ambiente de programación Actividad Pippy incluido en SUGAR (ver el código en “Síntesis de sonido en XO1”).

También puede lograrse la síntesis con la Actividad TurtleBlocks (v.130), con el bloque de programación “senoidal” contenido en la Paleta de bloques de medios.

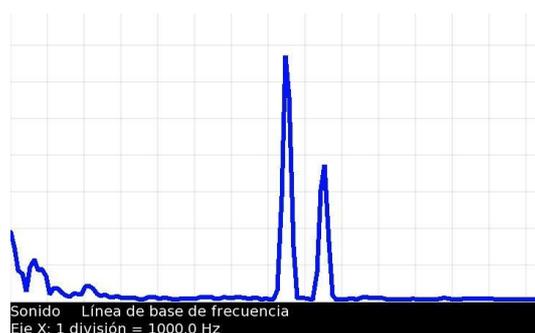


Al ejecutar este programa de ejemplo, se emite por los parlantes un sonido de 440 Hz de frecuencia (ajustable), de amplitud 5000 ua (unidades arbitrarias, ajustable), de 1 segundo de duración (ajustable) el cual corresponde a la nota LA (A4).

### Rango de frecuencia de los sonidos sintetizados.

La tarjeta de sonido de **XO1.5** sintetiza sonidos de frecuencias comprendidas entre **0.1 Hz** y **7999 Hz**. Los sonidos sintetizados corresponden a señales sinusoidales (o senoidales) prácticamente puras hasta los 5000 Hz. Si bien se detecta la presencia de componentes de otras frecuencias que las acompañan, estas componentes crecen en amplitud para frecuencias entre los 5000 y 7999 Hz, hasta emitirse un sonido de amplitud oscilante (conocido como *batido*) al llegar a este último valor.

La figura siguiente muestra el registro Amplitud= f (frecuencia) obtenido con la *Actividad MEDIR, Sonido, Línea de base de frecuencia*, para la emisión de 7500 Hz, sonido que se ve acompañado por otro de frecuencia 8500 Hz de amplitud comparable:

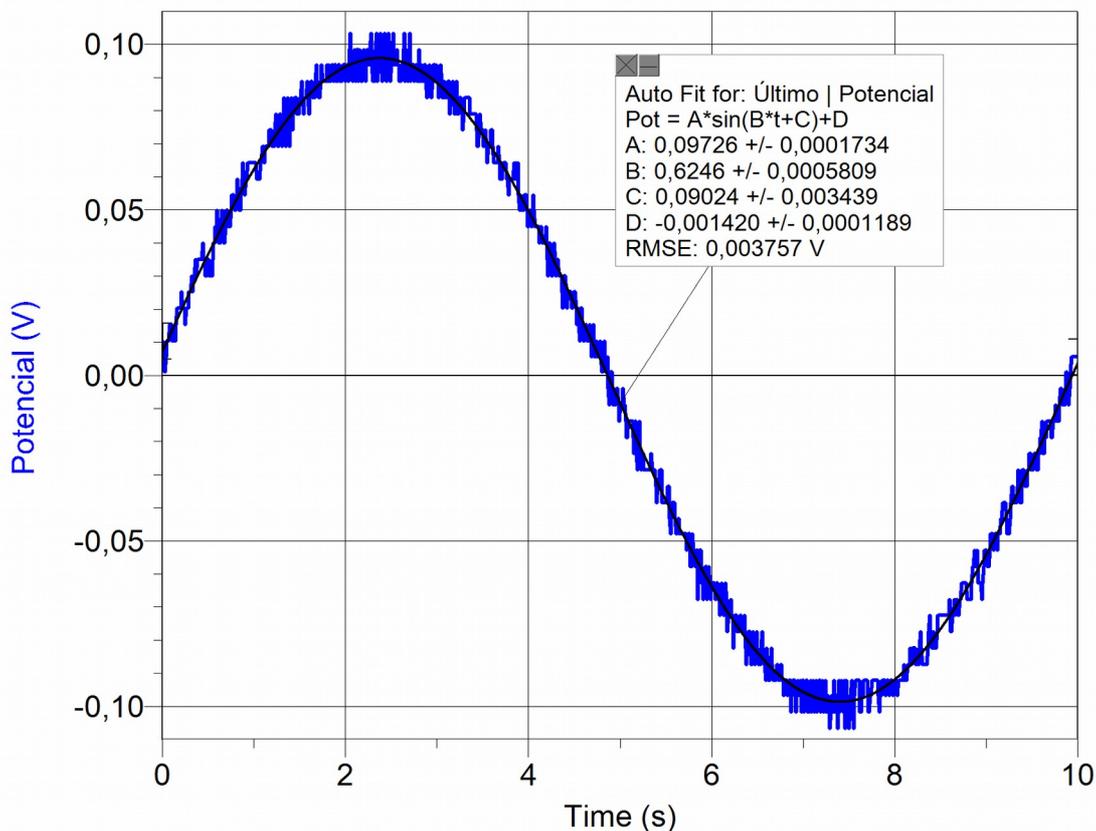


El siguiente cuadro muestra algunas de las frecuencias sintetizadas y las frecuencias de las componentes que las acompañan; la medida se realizó con una XO1.5 emitiendo y una XO1 detectando el sonido mediante la *Actividad Medir, Sonido, línea de base de frecuencia*:

| Frecuencia (Hz) | Frecuencia de componente (Hz)                           |      |   |   |
|-----------------|---|------|---|---|
| 1000            | 2000  | 5000 | - | - |
| 2000            | 14000   | -    | - | - |
| 3000            | 13000   | -    | - | - |
| 4000            | 12000   | -    | - | - |
| 5000            | 11000   | -    | - | - |
| 6000            | 10000   |      |   |   |
| 7000            | 9000  |      |   |   |
| 7500            | 8500  |      |   |   |
| 7999            | Se escucha un batido de unos 2Hz (2 pulsos por segundo) |      |   |   |

Es particularmente destacable la frecuencia extremadamente baja (**0.1 Hz**) que

puede sintetizar la XO1.5. Para determinar el rango de frecuencias se utilizó un tester FLUKE 87 el cual midió hasta un mínimo de 2 Hz. Para estudiar los valores menores se utilizó una Interface LabQuest mini (Vernier) que medía el voltaje aplicado a un parlante conectado a la salida de auriculares. La siguiente figura corresponde al registro  $V = f(t)$  a partir del cual se pudo calcular la mínima frecuencia generada:



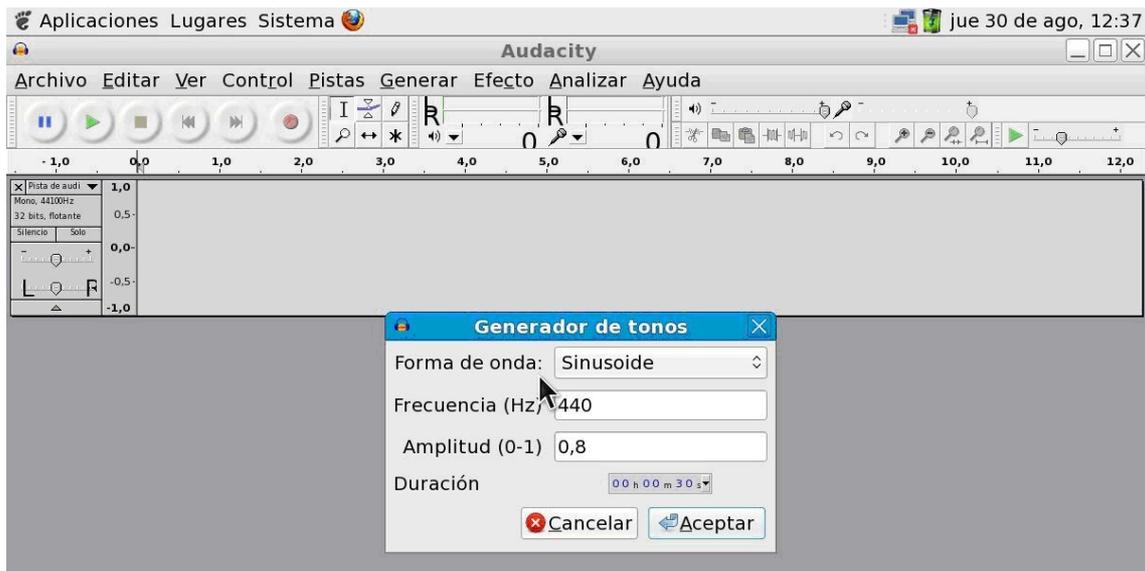
Se incluye el ajuste de la curva  $V=f(t)$  a la función sinusoidal (esperada), lo cual muestra una alta correspondencia entre ambas.

### **Potencia de la señal generada**

(Ídem XO1)

### **Linux Fedora Gnome, Software Audacity:**

En este entorno contamos con una poderosa herramienta, el software Audacity (versión 1.3.11-beta), un editor de sonido libre, de código abierto y multiplataforma. Para sintetizar sonidos de frecuencia ajustable debemos seleccionar en la barra de menús Generar/Tono, y nos despliega un cuadro de diálogo donde podremos seleccionar los valores deseados de los parámetros que se muestran:



Con este software en XO1.5 podemos sintetizar sonidos de frecuencias comprendidas entre 1.00 Hz y 20 000.00 Hz (como mínimo), con una resolución de 0.01 Hz.<sup>7</sup> Para aplicaciones en sistemas mecánicos en oscilación forzada, la síntesis de infrasonidos (sonidos de frecuencias inferiores a 20 Hz) es especialmente útil.

### 10.3 Síntesis de sonido en XO1.75:

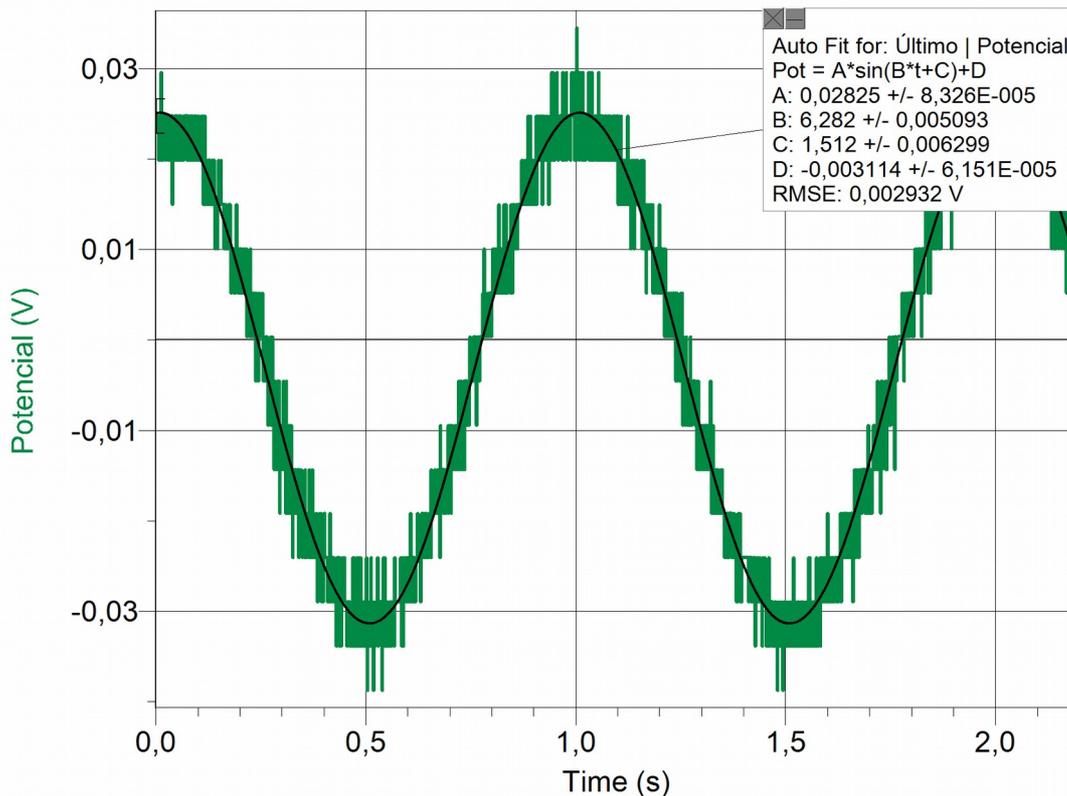
Dentro de cada modelo de XO (XO1, XO1.5 o XO1.75), pueden encontrarse variedades con diferencias menores pero con características que el usuario puede estar interesado en conocer. Para saber qué variedad tiene Ud. en sus manos debe conocer el número de referencia denominado SKU (Stock-keeping unit) que se encuentra en el compartimiento de batería de la XO como se muestra. Una vez conocido puede obtener las características de su variedad en OLPC SKU.



En nuestro caso disponíamos de una XO1.75 CL2A (también conocida como B1) SKU 199. Las medidas de frecuencias realizadas sobre este modelo muestran un comportamiento de síntesis similar a XO1.5, si bien se trata de subsistemas de audio diferentes. Podemos considerar que se realiza una síntesis aceptable de frecuencias a partir de 1 Hz, un valor superior a la mínima que se puede obtener en XO1.5 (unos asombrosos 0.1 Hz) hasta 5000 Hz valor a partir del cual las componentes de frecuencias superiores aparecen en forma más intensa hasta el límite superior de 7999 Hz donde se escucha apreciablemente un batido de 2 Hz.

Se muestra a continuación el registro correspondiente a la síntesis de 1 Hz y su ajuste a la función sinusoidal:

<sup>7</sup> La búsqueda de síntesis de sonidos de frecuencias por debajo de 20 Hz en XO fuera de SUGAR nació en conversaciones en el Laboratorio de Física del IPA con Marcelo Vachetta y Leonardo Machín, que buscaban diseñar un oscilador mecánico de baja frecuencia para impulsar sistemas oscilantes mecánicos para aplicar en experimentos de resonancia en cursos de Bachillerato en Secundaria y cursos del IPA. Y lo lograron con éxito.



**NOTA:** durante las medidas realizadas pudimos verificar que XO1.75 realiza síntesis desde unos 0.5 Hz pero con desviaciones apreciables con respecto al ajuste a la función sinusoidal esperada, por lo que preferimos fijar el valor mínimo de 1 Hz como el más aceptable.

Al igual que en XO1.5, en XO1.75 con Audacity podemos sintetizar sonidos de frecuencias comprendidas entre 1.00 Hz y 20 000.00 Hz (como mínimo), con una resolución de 0.01 Hz.

## 10.4 Síntesis de sonido en otras netbooks distribuidas por Plan Ceibal

Si no se cuenta con XO, pueden sintetizarse sonidos de igual forma con otros equipos. Por ejemplo la Magalhães Modelo MG 10T (conocida como “Magallanes **MG2**”) se distribuyó (inicialmente) entre estudiantes de UTU (CETP) y de liceos (CES) del departamento de Canelones. Trae el sistema operativo Linux Ubuntu (10.04 LTS, la versión *Lucid Lynx*, de abril de 2010) Gnome (versión: 2.30.2, Distribuidor: Ubuntu, Fecha de compilación: 25/06/10). También con la Magalhães Modelo MG 101A3 (conocida como “Magallanes **MG3**”) la cual fue distribuida entre estudiantes de UTU (CETP) y de liceos (CES) durante 2012. Trae el sistema operativo Linux Ubuntu (10.04 LTS, la versión *Lucid Lynx*, de abril de 2010) Gnome (versión: 2.30.2, Distribuidor: Ubuntu, Fecha de compilación: 25/06/10)

En ellas podemos trabajar también con Audacity (versión: 1.3.12-beta) sintetizando sonidos de frecuencias comprendidas entre 1.00 Hz y 20 000.00 Hz (como mínimo) con resolución de 0.01 Hz.

# 11 La Actividad TURTLE BLOCKS (TB).

La interfaz gráfica de usuario (GUI) SUGAR incluye varias Actividades que se pueden utilizar para aprender a programar, conocidas como ambientes de programación. Algunas de ellas son Pippy, Etoys, Scratch y Turtle Blocks. Esta última, la Actividad TURTLE BLOCKS (SUGARLABS TURTLE BLOCKS), será la que utilizaremos ampliamente en este trabajo. Se trata de un ambiente de programación inspirado en el lenguaje de programación LOGO creado, entre otros, por el matemático sudafricano Seymour Papert en la década del 60; se lo identifica frecuentemente con una tortuga que dibujaba en la pantalla guiada por la programación que escribía el usuario, en general niños y jóvenes, ya que fue utilizado ampliamente para enseñar los primeros pasos en programación.

Inicialmente denominado Turtle Art (o Tortugarte) esta actividad incorpora, entre otras, la capacidad de leer los voltajes y resistencias conectados a la entrada de micrófono externo de la XO.

## 11.1 Barras de herramientas en TB versión 109

|  |
|--|
| 01-Barra de herramientas PROYECTO:   |
|  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>a-Título de Proyecto</li> <li>b-Botón Compartir</li> <li>c-Guardar una copia</li> </ul>   |
| 02-Barra de herramientas EDICIÓN:  |
|  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>a-Copiar</li> <li>b-Pegar</li> </ul>  |
| 03-Barra de herramientas GUARDAR:  |
|  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>a-Guardar instantánea</li> <li>b-Guardar como HTML</li> <li>c-Guardar como LOGO</li> <li>d-Guardar como imagen</li> <li>e-Importar Proyecto desde el Diario</li> <li>f-Cargar Bloque Python</li> <li>g-Cargar ejemplos</li> </ul> |
| 04-Barra de herramientas VER:  |
|  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>a-Pantalla completa</li> <li>b-Coordenadas cartesianas</li> <li>c-Coordenadas polares</li> <li>d-Coordenadas centímetros</li> <li>e-Escalas coordenadas hacia arriba</li> </ul>   |

f-Agrandar bloques  
g-Empequeñecer bloques

05-Barra de herramientas PALETAS:



- a-Paleta de comandos de la tortuga
- b-Paleta de órdenes de la pluma
- c-Paleta de colores de la pluma
- d-Paleta de operadores numéricos
- e-Paleta de operadores de flujo
- f-Paleta de bloques de variables
- g-Paleta de sensores
- h-Paleta de objetos de medios
- i-Paleta de opciones adicionales
- j-Paleta de plantillas de presentaciones
- k-Bote de basura
- l-Ocultar Bloques

06-Barra de herramientas AYUDA:



Habilita los textos de ayuda

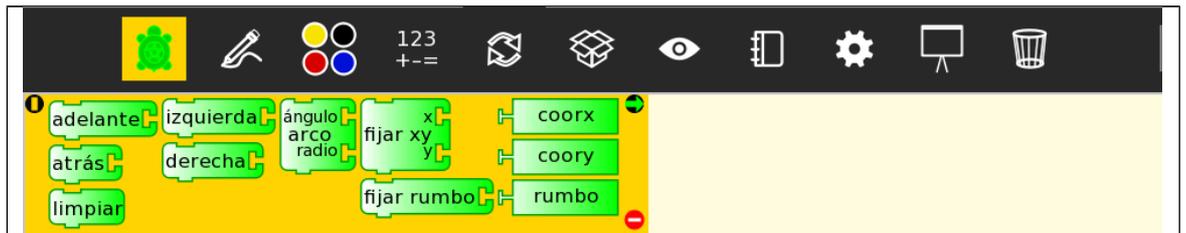
- 07-  LIMPIAR: Borra los trazos realizados por la tortuga sobre el lienzo
- 08-  EJECUTAR: ejecuta el programa (Bloque EMPEZAR) (velocidad máxima)
- 09-  DAR UN PASO: ejecuta el programa lentamente.
- 10-  DEPURAR: ejecuta el programa bloque a bloque (para revisar lo programado)
- 11-  PARAR TORTUGA: detiene la ejecución del programa (rojo: RUN/negro: STOP)
- 12-  PARAR: cierra la Actividad Tortugarte



**OCULTAR BLOQUES:** en este estado, muestra los bloques; cuando se muestra lleno en amarillo, los oculta. Se alterna entre ambas vistas haciendo clic sobre este ícono ubicado a la derecha del “bote de basura” (papelera).

**Paletas**

01. Paleta de comandos de la tortuga



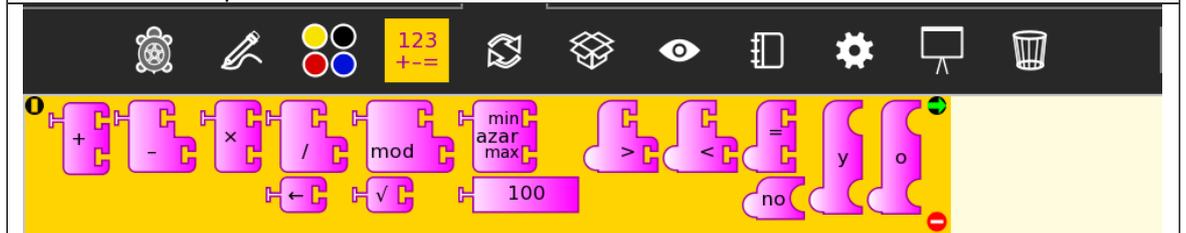
02. Paleta de órdenes de la pluma



03. Paleta de colores de la pluma



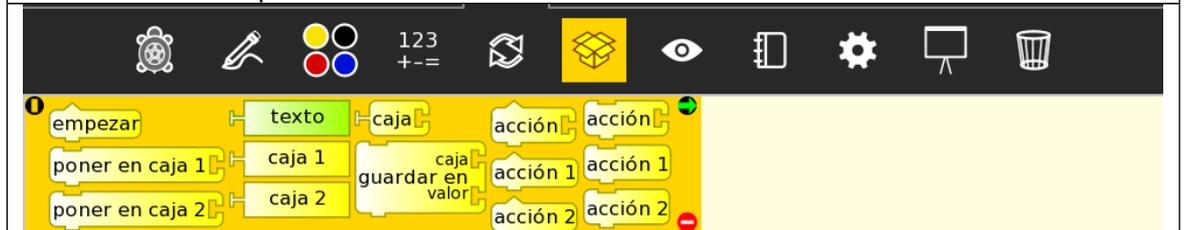
04. Paleta de operadores numéricos



05. Paleta de operadores de flujo



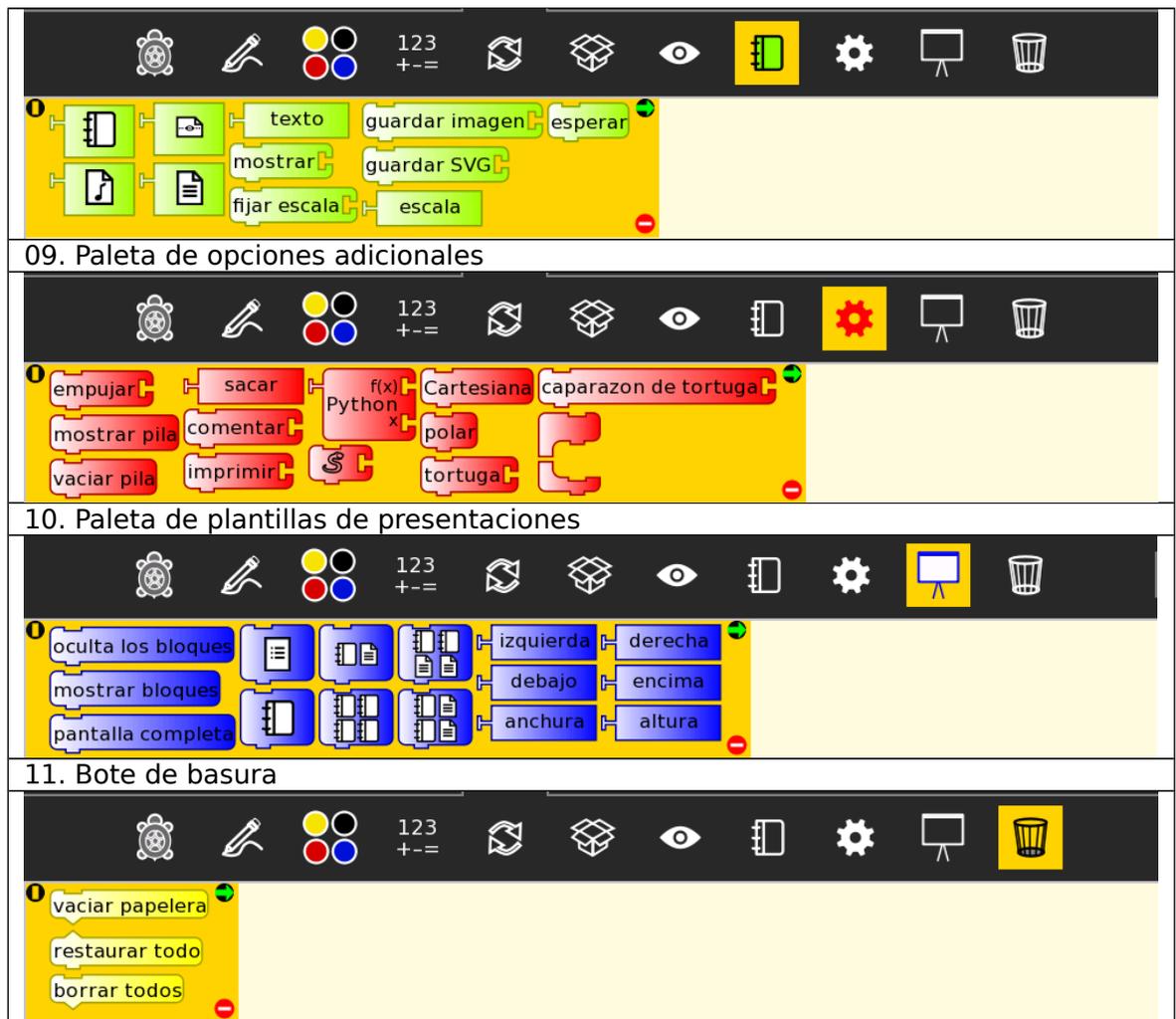
06. Paleta de bloques de variables



07. Paleta de sensores

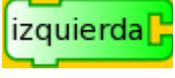


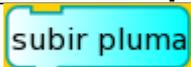
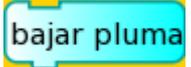
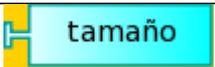
08. Paleta de objetos de medios

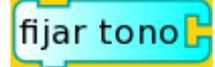
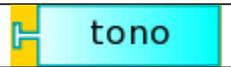
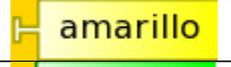


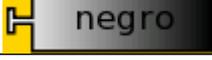
### Ayuda para cada bloque de las Paletas (TB v.109)

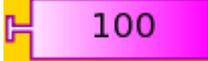
Se incluyen las ayudas en forma textual como aparecen al invocarlas dentro de la Actividad: consisten en una descripción breve de la acción que ejecuta cada bloque. Incluimos una columna que intenta completar esta información.

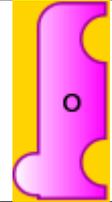
| Paleta  | Bloque   | Ayuda (textual)   | Aclaración/agregados  |
|---|--|---|---|
|    |           | Avanzar la tortuga  | Trae conectado un bloque numérico donde debe indicarse la cantidad a avanzar (por omisión: 100)   |
|   |           | Retroceder la tortuga   | Trae conectado un bloque numérico donde debe indicarse la cantidad a retroceder (por omisión: 100)  |
|   |           | Limpia la pantalla y restaura la tortuga  | Borra el lienzo, ubica la tortuga en (0, 0), bajar pluma, color rojo, rumbo=0. Puede ejecutarse haciendo clic en la goma de borrar (7º ícono de la barra superior)                        |
|   |           | Gira la tortuga en sentido antihorario (ángulo en grados)                                   | Trae conectado un bloque numérico donde debe indicarse la cantidad a girar (por omisión: 90º)   |
|   |           | Gira la tortuga en sentido horario (ángulo en grados)                                       | Trae conectado un bloque numérico donde debe indicarse la cantidad a girar (por omisión: 90º)   |
|   |           | Mueve la tortuga a lo largo de una arco   | Trae conectado un bloque numérico donde debe indicarse la cantidad a girar (por omisión: 90º) y el radio deseado (por omisión: 100)   |
|   |          | Mover la tortuga a la posición xcor, ycor; (0, 0) está en el centro de la pantalla          | Trae conectado un bloque numérico donde debe indicarse la coordenada x (por omisión: 0) y la coordenada y (por omisión: 0) del punto de la pantalla hacia donde debe dirigirse la tortuga |
|   |         | Fija la orientación de la tortuga (0 es hacia la parte superior de la pantalla)             | Trae conectado un bloque numérico donde debe indicarse el ángulo que formará el cuerpo de la tortuga con la dirección y sentido de avance 0 (por omisión: 0º)                             |
|   |         | Contiene la coordenada X actual de la tortuga (se puede usar en vez de un bloque de número) | ---   |
|   |         | Contiene la coordenada Y actual de la tortuga (se puede usar en vez de un bloque de número) | ---   |
|  | Contiene la orientación actual de la tortuga (se puede usar en vez de un bloque de número) | ---   |   |

| Paleta  | Bloque   | Ayuda (textual)   | Aclaración/agregados  |
|---|--|---|---|
|  |   | La tortuga no dibujará cuando se mueva  | ---   |
|   |   | La tortuga dibujará cuando se mueva   | ---   |
|   |   | Fija el ancho de la línea que la tortuga dibuja                                     | Trae conectado un bloque numérico donde debe indicarse la cantidad numérica que fija el ancho deseado (por omisión: 5)  |
|   |   | Rellena el fondo con (color, tono)  | Trae conectados un bloque numérico donde debe indicarse la cantidad que fija el color (por omisión: 60) y el tono deseado (por omisión: 80).<br>Reubica la tortuga en (0, 0). |
|   |   | Contiene el tamaño actual de la pluma (se puede usar en vez de un bloque de número) | ---   |
|   |   | Comienza el llenado de polígonos (utilizado con `terminar relleno`)                 | ---   |
|   |  | terminar el llenado de polígonos  | ---   |

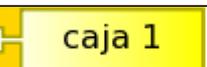
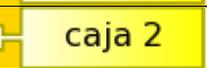
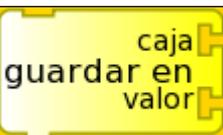
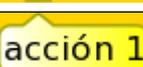
| Paleta  | Bloque  | Ayuda (textual)  | Aclaración/agregados   |
|---|---|--|--|
|  |  | Fija el color de la línea que la tortuga dibuja                                    | Trae conectado un bloque numérico donde debe indicarse la cantidad numérica que fija el color deseado (por omisión: 0 rojo)      |
|   |  | Fija el tono de la línea que la tortuga dibuja                                     | Trae conectado un bloque numérico donde debe indicarse la cantidad numérica que fija el tono deseado (por omisión: 50)           |
|   |  | Ajusta el nivel de gris de la línea trazada por la tortuga                         | Trae conectado un bloque numérico donde debe indicarse la cantidad numérica que fija el nivel de gris deseado (por omisión: 100) |
|   |  | Contiene el color actual de la pluma (se puede usar en vez de un bloque de número) | ---  |
|   |  | Tiene tono actual de la pluma  | ---  |
|   |  | Tiene el nivel de gris actual  | ---  |
|   |  | rojo   | 0  |
|   |  | naranja  | 10   |
|   |  | amarillo   | 20   |
|   |  | verde  | 40   |

|  |   |        |       |
|--|---|--------|-------|
|  |  | cian   | 50    |
|  |  | azul   | 70    |
|  |  | morado | 90    |
|  |  | blanco | -9998 |
|  |  | negro  | -9999 |

| Paleta      | Bloque  | Ayuda (textual)   | Aclaración/agregados  |
|-------------|---|---|---|
| 123<br>+ -= |    | Suma dos entradas alfanuméricas   | Puede utilizarse para concatenar texto (cadenas de caracteres)..  |
|             |    | Sustraer la entrada numérica de abajo de la entrada numérica de arriba                          | ---   |
|             |    | Multiplica dos entradas numéricas   | ---   |
|             |    | Divide la entrada numérica de arriba (numerador) por la entrada numérica de abajo (denominador) | ---   |
|             |    | Operador identidad usado para extender bloques  | Se trata de un conector que puede extenderse hacia la derecha para evitar la superposición de bloques de programación |
|             |   | Operador modular (residuo o resto)  | Resto que resulta de la división entera entre bloque numérico superior y el inferior                                  |
|             |  | Calcular la raíz cuadrada   | ---   |
|             |  | Devuelve un número aleatorio entre los valores mínimo (arriba) y máximo (abajo)                 | Número aleatorio entero. Trae conectados un bloque numérico min (por omisión: 0) y máx (por omisión:100)              |
|             |  | Utilizado como entrada numérica en los operadores matemáticos                                   | Para cambiar su valor numérico basta con clicar dentro del cuadro, borrar el 100 y escribir el nuevo valor            |
|             |  | Operador lógico mayor que   | ---   |
|             |  | Operador lógico menor que   | ---   |
|             |  | Operador lógico de igualdad   | ---   |
|             |  | Operador NO lógico  | ---   |
|             |  | Operador Y lógico   | ---   |

|  |   |                   |     |
|--|---|-------------------|-----|
|  |  | Operador O lógico | --- |
|--|---|-------------------|-----|

| Paleta  | Bloque  | Ayuda (textual)  | Aclaración/agregados   |
|---|---|--|--|
|   |    | Detiene la ejecución del programa por número determinado de segundos           | Trae conectado un bloque numérico donde debe indicarse el tiempo (por omisión: 1)  |
|   |    | Repetir para siempre   | Repite la ejecución del bloque de programación que se conecta a su derecha abajo en forma indefinida o hasta encontrar un bloque "parar acción".   |
|   |    | Repite el número especificado de veces   | Repite N veces (por omisión: 4) la ejecución del bloque de programación que se conecta a su derecha abajo.   |
|   |    | Operador "si-entonces" que usa operadores lógicos de la paleta de Números      | Si se cumple la condición lógica que se conecta a su derecha/arriba, ejecuta el bloque de programación que se conecta a su derecha/abajo. De lo contrario se ejecuta aquel conectado inferiormente   |
|   |   | Operador "si-entonces-sino" que usa operadores lógicos de la paleta de Números | Si se cumple la condición lógica que se conecta a su derecha/arriba, ejecuta el bloque de programación que se conecta abajo/centro. De lo contrario se ejecuta aquel que se conecta abajo/derecha  |
|  |  | Desplaza la pila a la derecha  | Se trata de un conector que desplaza los bloques de programación hacia la derecha para evitar su superposición   |
|   |  | Desplazar la pila abajo  | Idem. Extensible presionando el "+"  |
|   |  | Detiene la acción actual   | ---  |
|   |  | Operador "mientras" que usa operadores lógicos de la paleta de Números         | Mientras se cumpla la condición lógica que se conecta a su derecha/arriba ("si..."), ejecuta el bloque de programación que se conecta abajo/izquierda (a continuación del bloque "desplazar la pila abajo"). Es útil invocarlo dentro de una "acción_nombre_asignado". |
|   |  | Operador "hasta" que usa operadores lógicos de la paleta de Números            | Ejecuta el bloque de programación que se conecta abajo/derecha (a la derecha del bloque "desplazar la pila abajo") hasta que se cumpla la condición lógica que se conecta a su derecha/arriba ("si..."). Es útil invocarlo dentro de una "acción_nombre_asignado".     |

| Paleta  | Bloque  | Ayuda (textual)  | Aclaración/agregados  |
|---|---|--|---|
| Estos bloques se utilizan para definir variables ("cajas") y sub rutinas ("acciones") |   |  |   |
|     |    | Conecta la acción a los botones de ejecución de la barra de herramientas | Este bloque inicia la ejecución del código principal de programación. Hacer clic sobre este bloque equivale a hacer clic en el botón "EJECUTAR" (conejo) de la barra de herramientas. |
|   |    | Guardar valor numérico en variable 1                                     | Para manejo de variables, se incorporan las <b>cajas</b> : "1", "2" y "nombrables".<br>Guarda un valor numérico, una cadena o un objeto de medios en "caja 1".                        |
|   |    | Guardar valor numérico en variable 2                                     | Ídem  |
|   |    | Valor de cadena  | Para cambiar el texto basta con clicar dentro del cuadro, borrar "texto" y escribir.  |
|   |    | Variable 1 (valor numérico)  | Contenido actual de la variable llamada "caja 1".   |
|   |    | Variable 2 (valor numérico)  | Contenido actual de la variable llamada "caja 2".   |
|   |    | Variable nombrable (valor numérico)                                      | Contenido actual de la variable llamada "caja_nombre asignado" (por omisión: "mi caja").  |
|   |  | Guardar valor numérico en variable nombrable                             | Carga en la variable llamada "caja_nombre asignado" el valor numérico, cadena u objeto de medios "valor" (por omisión: "mi caja", 100)  |
|   |  | Primero de la pila de acción nombrable                                   | Cabecera del bloque de programación llamado <i>nombre asignado</i> (por omisión: "stack")   |
|   |  | Primero de la pila de Acción 1   | Cabecera del bloque de programación llamado <i>acción 1</i>   |
|   |  | Primero de la pila de Acción 2   | Cabecera del bloque de programación llamado <i>acción 2</i>   |
|   |  | invocar la pila de acción nombrable                                      | Invoca (para su ejecución) el bloque de programación llamado <i>acción_nombre asignado</i> (por omisión: "acción")  |
|   |  | invocar la pila de acción 1  | Invoca (para su ejecución) el bloque de programación llamado <i>acción 1</i>  |
|   |  | invocar la pila de acción 2  | Invoca (para su ejecución) el bloque de programación llamado <i>acción 2</i>  |

| Paleta  | Bloque  | Ayuda (textual)   | Aclaración/agregados  |
|---|---|---|---|
|  | consulta de teclado   | Consulta para la entrada del teclado (los resultados están almacenados en el bloque del teclado)    | ---   |
|   | teclado   | Contiene los resultados del bloque de consulta del teclado  | ---   |
|   | obtener píxel   | Apila el valor de píxel sobre la pila FILO  | La pila FILO ("First In Last Out") almacena valores que luego pueden recuperarse en el orden inverso al ingresado. Empuja el valor RGB que ve la tortuga a la pila FILO (Azul primero, Rojo último)   |
|   | tortuga ve  | Devuelve el color que ve la tortuga   | ---   |
|   | tiempo  | El tiempo transcurrido (en segundos) desde el inicio del programa                                   | ---   |
|   | brillo  | Nivel de luz detectado por la cámara  | ---   |
|   |  | Imagen de la cámara   | ---   |
|   | sonido  | Entrada de micrófono  | Rango -32000 a 32000  |
|   | volumen   | Volumen de entrada de micrófono   | Rango 0 a 32000   |
|   | frecuencia  | Frecuencia de la componente más intensa del sonido presente en la entrada de micrófono              | Resolución $\pm 8$ Hz   |
|   | resistencia   | Valor de la resistencia conectada a la entrada de micrófono (rango de medición: de 700 a 14000 ohm) | En caso de utilizarse un conector estéreo (TRS), mide la resistencia entre los contactos TS (punta y base o manga), correspondientes al canal izquierdo (CHL).<br>Rangos:<br>XO1 : 750 $\Omega$ a 14 k $\Omega$<br>XO1.5: 2 k $\Omega$ a 420 M $\Omega$<br>XO1.75 SKU 206: 0 a $1 \times 10^7$ $\Omega$ |
|   | voltaje   | Voltaje de entrada de micrófono   | En caso de utilizarse un conector estéreo (TRS), mide el voltaje entre los contactos TS (punta y base o manga), correspondientes al canal izquierdo.<br>Rangos:<br>XO1 : 0.4 a 1.85 V<br>XO1.5: 0.17 a 3.0 V<br>XO1.75 SKU 206: 0 a 3.03 V  |

|  |              |                      |   |
|--|--------------|----------------------|---|
|  | acelerómetro | Aceleración (3 ejes) | XO1.75 incluye un sensor acelerómetro. Los resultados son empujados a la pila y pueden ser recuperados por tres bloques "sacar": uno para la componente X, otro para la componente Y y un tercero Z adelante/atrás. |
|--|--------------|----------------------|---|

| Paleta  | Bloque  | Ayuda (textual)  | Aclaración/agregados   |
|---|---|--|--|
|   |  | Objeto de medios del Diario de Sugar   | ---  |
|   |  | Objeto de audio del Diario de Sugar  | ---  |
|   |  | Objeto de video del Diario de Sugar  | ---  |
|   |  | Campo de descripción del Diario de Sugar                                     | ---  |
|   | texto   | Valor de cadena  | ---  |
|  | mostrar   | Dibujar texto o mostrar medios desde el Diario                               | Trae conectado un bloque que debe sustituirse por el objeto a mostrar (por omisión: valor de cadena "texto")   |
|   | fijar escala  | Fijar la escala de medios  | Trae conectado un bloque numérico donde debe especificarse la escala deseada (por omisión: 33)   |
|   | guardar imagen  | Guarda una imagen en el Diario de Azúcar                                     | Trae conectado un bloque que indica el nombre que se le dará a la imagen (por omisión: <i>nombre de la imagen</i> ). Guarda la imagen en formato *.png |
|   | guardar SVG   | Guarda los gráficos de la tortuga como un archivo SVG en el Diario de Azúcar | Trae conectado un bloque que indica el nombre que se le dará a la imagen (por omisión: <i>nombre de la imagen</i> ). Guarda la imagen en formato *.svg |
|   | escala  | Mantiene el valor actual de la escala  | Pantalla completa: 100   |
|   | esperar   | Esperar de audio o de vídeo hasta el final                                   | ---  |

| Paleta  | Bloque  | Ayuda (textual)  | Aclaración/agregados  |
|---|---|--|---|
|  |    | Apila el valor sobre la pila FILO (primero en entrar, último en salir)   | ---   |
|   |    | Muestra los valores en la pila FILO (primero en entrar, último en salir)   | ---   |
|   |    | Vacía la pila FILO (primera-en-entrar último-en-salir)   | ---   |
|   |    | Saca el valor de la pila FILO (primero en entrar, último en salir)   | ---   |
|   |    | Coloca un comentario en tu código  | Se utiliza para hacer más legible el código mediante la inclusión de comentarios y/o aclaraciones. (por omisión: bloque <i>comentar</i> ). El contenido comentado se muestra en la barra de estado (abajo, centro, con fondo anaranjado) cuando se ejecuta el programa con “dar un paso” o “depurar”. |
|   |  | Imprime el valor alfanumérico en el bloque de estado en la parte inferior de la pantalla   | Se muestra en pantalla un bloque o “barra de estado” que su ubica abajo, centrada, con fondo anaranjado. Puede mostrar valores numéricos, cadenas o combinación de ambos utilizando el bloque “+” de la Paleta de operadores numéricos.   |
|   |  | Línea de programación Python (ecuación o línea de comando única): se utiliza para añadir ecuaciones matemáticas avanzadas de una sola variable $f(x)$ , por ( <i>falta texto</i> ) | Bloque función Python: Este bloque ejecuta comandos Python únicos o cálculos matemáticos avanzados. Si se presiona “+” agrega hasta tres variables (x, y, z) al cálculo a realizar (por omisión: $f(x)=x$ , $x=100$ ).<br>Por ejemplo:<br>Matemáticas: $\sin(x)$ .<br>Tiempo: <code>time()</code>     |
|   |  | Ejecuta el código de programación Python del bloque que se encuentra en el Diario.   | Existen dos aplicaciones: la primera ejecuta el código Python que haya sido guardado en el Diario con el nombre “myblock”; la segunda ejecuta el código cargado desde “cargar bloque Python” desde el 3er ícono superior (por omisión: 100). Bloque ampliable: acepta hasta tres parámetros.          |
|   |  | Muestra las coordenadas cartesianas  | ---   |

|   |   |  |
|---|---|--|
|  | Muestra las coordenadas polares                 | ---  |
|  | Elige la tortuga a ordenar                      | Trae conectado un bloque numérico donde debe especificarse la tortuga deseada (por omisión: 1) |
|  | Coloca un caparazón personalizado en la tortuga | ---  |
|  | Encima de una pila plegable                     | ---  |
|  | Bloque inferior de una pila plegable            | ---  |

| Paleta   | Bloque  | Ayuda (textual)  | Aclaración/agregados       |
|--|---|--|----------------------------|
|  | oculta los bloques  | Ordena el lienzo ocultando bloques   | ---                        |
|  | mostrar bloques   | Restaura bloques ocultos   | ---                        |
|  | pantalla completa   | Oculta las barras de herramientas de Azúcar                                | ---                        |
|  |    | Plantilla de presentación: lista de viñetas                                | ---                        |
|  |    | Plantilla de presentación: seleccionar objeto del Diario (sin descripción) | ---                        |
|  |    | Plantilla de presentación: seleccionar objeto del Diario (con descripción) | ---                        |
|  |   | Plantilla de presentación: seleccionar cuatro objetos del Diario           | ---                        |
|  |  | Plantilla de presentación: seleccionar dos objetos del Diario              | ---                        |
|  |  | Plantilla de presentación: seleccionar dos objetos del Diario              | ---                        |
|  | izquierda   | xcor de la izquierda de la pantalla  | XO1:Retorna el valor: -600 |
|  | debajo  | ycor del límite inferior de la pantalla                                    | XO1:Retorna el valor: -600 |
|  | anchura   | El ancho del lienzo  | XO1:Retorna el valor: 1200 |
|  | derecha   | xcor del derecho de la pantalla  | XO1:Retorna el valor: 600  |
|  | encima  | ycor del límite superior de la pantalla                                    | XO1:Retorna el valor: 450  |
|  | altura  | La altura del lienzo   | XO1:Retorna el valor: 900  |

| Paleta  | Bloque          | Ayuda (textual)                                | Aclaración/agregados |
|---|-----------------|--|----------------------|
|  | vaciar papelera | Borra permanentemente elementos de la papelera |                      |
|   | restaurar todo  | Restaura todos los bloques de la papelera      |                      |
|   | borrar todos    | Mover todos los bloques a la basura            |                      |

## Carga de Bloque Python:



A veces puede ser necesario ejecutar un bloque de programación Python para realizar una tarea específica no prevista dentro de los bloques de TB que están incluidos en las Paletas de la Actividad TB.

Para ello podemos proceder de alguna de las siguientes formas:

1. (para usuarios que sepan programar en Python): se escribe el código deseado en la Actividad Pippy (por ejemplo) y se guarda en el diario bajo el nombre "myblock". Luego, dentro del programa TB que estemos escribiendo, se incluye el bloque Python (desde la Paleta de opciones adicionales) y se lo "carga" con el código "myblock" desde el Diario de SUGAR.
2. a menudo deseamos ejecutar alguna de las acciones incluidas dentro de los "Bloques Python" de muestra (carpeta *pysamples*), como "hablar" (*speak.py*), emitir un sonido de frecuencia a indicar (*sinewave.py*), etc. Para ello accedemos a la "Barra de herramientas GUARDAR" y dentro de ella al ícono "cargar Bloque Python" como indica la figura, para luego seleccionar de la lista el bloque deseado.



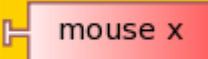
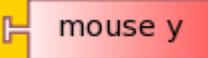
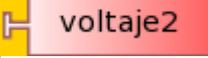
**NOTA 1:** El programa TB que se escribe incluyendo algún "Bloque Python" no es (aplicado en forma general) un archivo ejecutable; esto implica que al copiar el mismo a otra XO, antes de ejecutarlo debe realizarse la "carga" de cada bloque Python incluido en el mismo ya que en el proceso de copia este bloque se "vacía" (y en consecuencia no se ejecuta).

**NOTA 2:** si se trabaja en versiones 130 y posteriores, los bloques de muestra *speak.py* (hablar) y *sinewave.py* (emitir sonido) están incluidos como bloques de

programación TB (llamados “hablar” y “senoidal”) por lo cual no es necesario proceder como se indicó anteriormente en el ítem 2.

## Bloques incorporados en TB versión130

Estas tablas incluyen (solamente) los nuevos bloques que se incorporaron en la versión 130 con respecto a la versión 109. Estos aparecen en la *Paleta de bloques sensor* (denominada en la v.109 “*Paleta de sensores*”) y en la *Paleta de bloques de medios* (denominada en la v.109 “*Paleta de objetos de medios*”). Se incluyen las ayudas en forma textual: en ellas se da una descripción breve de la acción que ejecuta cada bloque. Incluimos una columna que intenta completar esta información.

| Paleta  | Bloque   | Ayuda (textual)  | Aclaración/agregados  |
|---|--|--|---|
|  |  botón abajo    | Devuelve 1 si el botón del mouse está presionado   | ---   |
|   |  mouse x        | Devuelve la coordenada ‘x’ (horizontal) del mouse  | ---   |
|   |  mouse y        | Devuelve la coordenada ‘y’ (vertical) del mouse  | ---   |
|   |  resistencia   | Valor de la resistencia conectada a la entrada de micrófono (rango de medición: de 700 a 14000 ohms) | Mide la resistencia entre contactos TS (punta y base, canal estéreo izquierdo). El rango indicado corresponde solamente a XO1.<br>Rangos:<br>XO1 : 750 Ω a 14 kΩ<br>XO1.5: 2 kΩ a 420 MΩ<br>XO1.75 SKU 206: 0 a 1x10 <sup>7</sup> Ω   |
|   |  resistencia2 | Valor de la resistencia conectada a la entrada de micrófono (rango de medición: de 700 a 14000 ohms) | Mide la resistencia entre contactos RS (aro y base, canal estéreo derecho). El rango indicado no es correcto.<br>Rangos:<br>XO1 : 750 Ω a 14 kΩ<br>XO1.5: 2 kΩ a 420 MΩ<br>XO1.75 SKU 206: 0 a 1x10 <sup>7</sup> Ω  |
|   |  voltaje      | Valor del voltaje DC conectado a la entrada de micrófono (rango: 0.40 a 1.90 V)                      | En caso de utilizarse un conector estéreo (TRS), mide el voltaje entre los contactos TS (punta y base o manga), correspondientes al canal izquierdo. El rango indicado corresponde solamente a XO1.<br>Rangos:<br>XO1 : 0.4 a 1.85 V<br>XO1.5: 0.17 a 3.0 V<br>XO1.75 SKU 206: 0 a 3.03 V |
|   |  voltaje2     | Valor del voltaje DC conectado a la entrada de micrófono (rango: 0.40 a 1.90 V)                      | En caso de utilizarse un conector estéreo (TRS), mide el voltaje entre los contactos RS (aro y base, canal estéreo derecho). El rango indicado no es correcto.<br>Rangos:<br>XO1 : 0.4 a 1.85 V<br>XO1.5: 0.17 a 3.0 V<br>XO1.75 SKU 206: 0 a 3.03 V                                      |

| Paleta  | Bloque  | Ayuda (textual)   | Aclaración/agregados   |
|---|---|---|--|
|  |  | Emite por los parlantes (en forma de voz sintetizada) la frase contenida en el bloque de texto a su derecha | Trae conectado un bloque que indica el texto a sintetizar (por omisión: <i>hola</i> ). Pueden incluirse valores numéricos.   |
|   |  | Emite un sonido senoidal de frecuencia, amplitud y duración (en segundos) configurables                     | Para generar sonidos por los parlantes o por salida de auriculares. La amplitud se indica en unidades arbitrarias (por omisión: <i>frecuencia: 1000 Hz, amplitud: 5000 y duración: 1 s</i> ) |

## 12 Breve tutorial de introducción a la programación utilizando la Actividad TurtleBlocks (TB).

Introducción:

El proyecto “Física con XO” tiene como objetivo la popularización de los conocimientos necesarios para convertir la XO en un instrumento de adquisición y procesamiento de medidas físicas de nivel elemental. Esta tarea involucra una serie de conocimientos entre los cuales se encuentra el diseño, montaje y calibrado de sensores y la programación que procesará la información adquirida en base a ellos.

La primera de las tareas es sencilla y puede realizarse sin conocimientos profundos de electricidad ni electrónica. Sin embargo, la tarea de programar es mucho más compleja, ya que este proyecto se basa en la posibilidad de diseñar una gran cantidad y variedad de aplicaciones en base a un conjunto reducido de sensores. Si bien se incluyen para su uso todos los programas escritos por el autor, lo más importante del trabajo es la posibilidad de modificarlos, reescribirlos o (como objetivo superior) crear unos absolutamente nuevos adaptados a los objetivos del lector.

Para esto último es que se incluye este breve tutorial de programación.

**Nota:**

1. Antes de empezar con él debe aclararse que el autor no es un programador ni tiene las capacidades didácticas específicas necesarias para poder transmitir estos conocimientos. Este tutorial solamente se justifica por la voluntad de transmitir el proyecto con la esperanza de que personas realmente capacitadas para ello asistan a los lectores a superar todo error que aquí se comete.

2. Los contenidos incluidos pueden complementarse con el tutorial de programación TB en la wiki de SUGARLABS (SUGARLABS TURTLE BLOCKS) (en inglés). Quienes deseen profundizar en el tema deben consultar en forma obligada el tutorial en español BUTIÁ TORTUGA ampliado en forma notable con sus aplicaciones a la robótica educativa por el grupo MINA, creador del Robot BUTIÁ<sup>8</sup>.

Debe también consultarse la documentación PYTHON DOC.

3. Todas las programaciones pueden descargarse de:  
<https://sites.google.com/site/solyamar1fisica/programas-tb>

## **12.1 Capacidades de la Actividad TB a utilizar frecuentemente:**

Esta actividad nos permite dibujar en la pantalla mediante la ejecución de órdenes que se le dan a la tortuga y se traducen en movimientos; de esta forma, podemos trazar segmentos de recta, arcos, y cualquier figura que pueda imaginarse como combinación de éstos. Pueden seleccionarse el ancho del trazo, su longitud, su color, el tono del mismo, etc. Pueden dibujarse polígonos y luego colorearlos.

Nosotros utilizaremos estas capacidades para trazar ejes cartesianos y dibujar en la pantalla gráficas mediante la unión de los puntos sucesivamente ocupados por la tortuga. En los casos en los cuales esta sucesión sea muy densa, el trazo se nos presentará como el correspondiente a una función continua.

También puede mostrarse en pantalla un texto, el valor de la magnitud que mide un sensor en un instante dado (o combinación de ambos), una foto tomada por la cámara digital incorporada (mediante el bloque *mostrar* de la *Paleta de objetos de medios*) o bien pueden mostrarse en forma permanente los datos que se están midiendo mediante el despliegue en pantalla de la barra de estado (esto se logra con el bloque *imprimir* de la *Paleta de opciones adicionales*).

---

<sup>8</sup> El Grupo [MINA](#) (Network Management - Artificial Intelligence), es un grupo de investigación perteneciente al Instituto de Computación de la Facultad de Ingeniería (Universidad de la República), que realiza docencia, investigación y extensión en diversos temas relacionados con el Gerenciamiento de Redes e Inteligencia Artificial aplicada a la Robótica.

Una capacidad muy interesante de esta Actividad refiere a la posibilidad de sintetizar voz humana para emitir un mensaje de texto, un valor numérico o una combinación de ambos; esto se logra ejecutando un bloque de programación Python llamado *speak.py* (TB v.109) o bien ejecutando el bloque *hablar* (TB v.130) contenido en la *Paleta de bloques de medios*. Como se trató anteriormente, TB permite sintetizar una señal sinusoidal de frecuencia ajustable (y emitir un sonido audible por ejemplo), esta vez ejecutando el bloque de programación Python llamado *sinewave.py* (TB v.109) o bien ejecutando el bloque *senoidal* (TB v.130) contenido en la *Paleta de bloques de medios* (en este caso también puede seleccionarse la duración de la señal a emitir).

***Nota:*** los ejemplos que siguen refieren a TB v.109 ejecutándose en XO1 a excepción de aquellos que refieren a la versión 130 (lo cual se indica en forma explícita). Aparece entre paréntesis (con nombre \*.ta) el nombre de la programación TB que se refiere en cada caso.

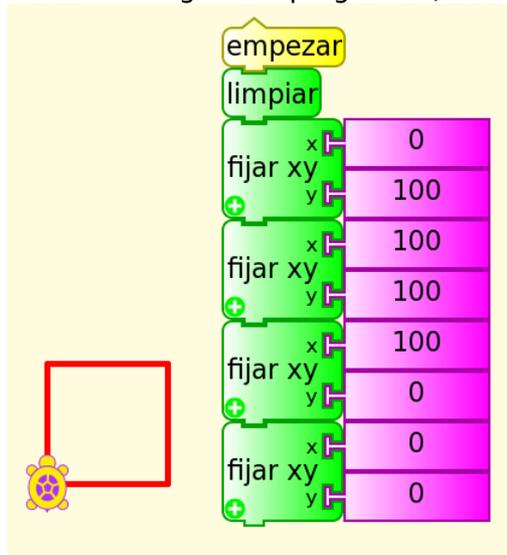
## **CONSTRUCCIÓN DE FIGURAS GEOMÉTRICAS.**

### **Ejemplo 1 trazar un cuadrado:**

El lienzo sobre el cual se desplaza la tortuga puede interpretarse como un espacio cartesiano con el origen (0, 0) ubicado en el centro del mismo (posición inicial que ocupa la tortuga al comenzar la ejecución de cualquier programa TB) y posiciones extremas -600 a +600 (eje horizontal **x**) y -450 a +450 (eje vertical **y**).

Comenzaremos trazando un cuadrado de lado "100" (Nº de pasos de la tortuga):

**Caso A:** una forma de hacerlo es ordenándole a la tortuga ocupar en forma sucesiva los puntos vértices del cuadrado (desde el inferior izquierdo trazando en sentido horario), como muestra el siguiente programa ([cuadrado por vértices.ta](#)):

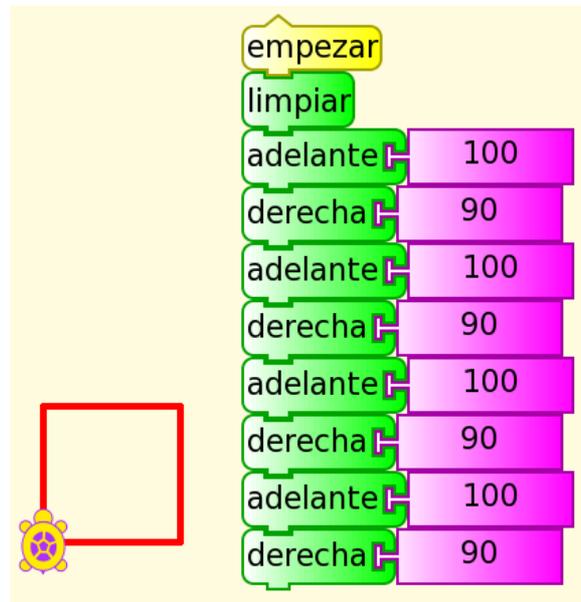


Para ejecutarlo, debe presionarse el ícono  (*ejecutar*), o bien hacer clic en el bloque superior "empezar" (el cual ejecuta la rutina principal del programa). El bloque *limpiar* borra el lienzo antes de comenzar cualquier acción.

Si se desea saber qué acción realiza cada bloque, puede ejecutarse el programa presionando el ícono  (*depurar*) el cual ejecuta el programa de a un

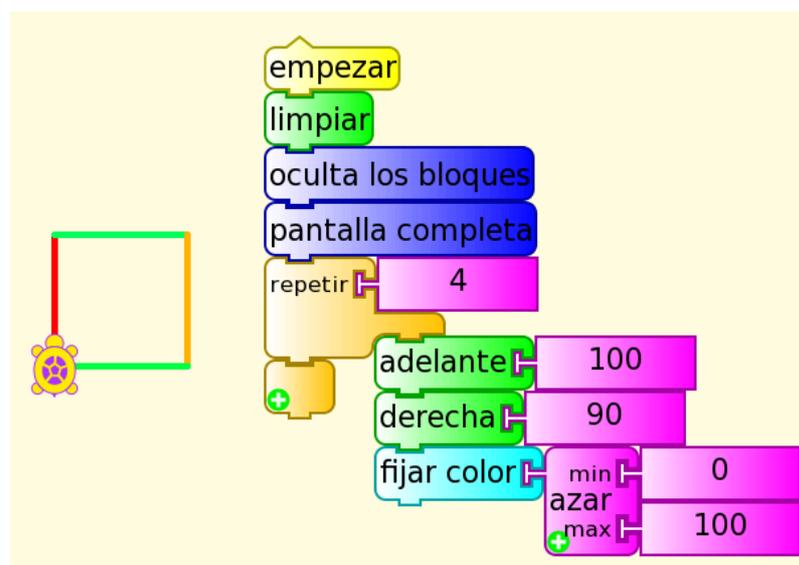
bloque por vez, modificando el color del que se está ejecutando en cada instante; este modo permite entender lo que se está haciendo y detectar los posibles errores en la programación en construcción.

**Caso B:** Una alternativa es que la tortuga avance y gire 90º (un ángulo que llamaremos *externo*, suplementario al interno) cuatro veces, como muestra el siguiente ejemplo ([cuadrado adelante derecha.ta](#)):



Aquí puede verse que los bloques *adelante* y *derecha* se repiten, por lo cual podría ejecutarse la misma acción sin reescribirlos, añadiendo un bloque *repetir* como muestra el siguiente ejemplo ([cuadrado repetir 4.ta](#)):

**Caso C:**



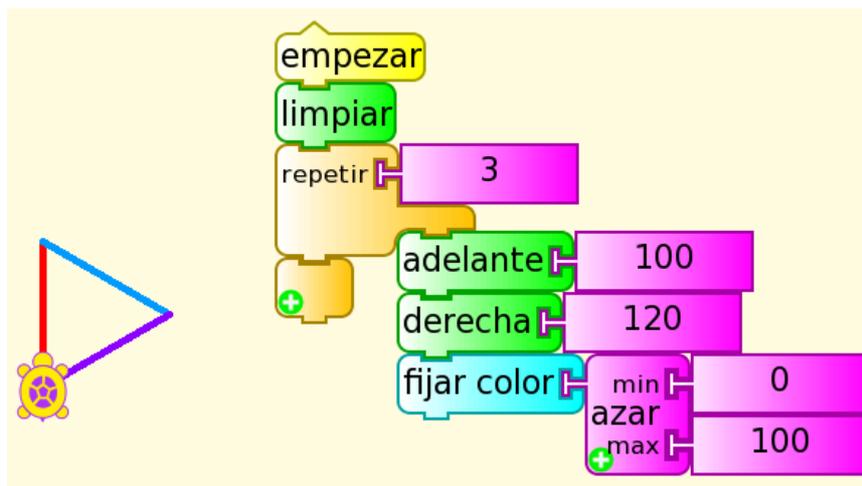
En este caso se han incluido los bloques *oculta los bloques* (para que no se muestren mientras se ejecuta el programa), *pantalla completa* (que muestra solamente el lienzo y los trazos de la tortuga ocultando barras de herramientas y paletas) y *fijar color/azar* (0, 100) (que cambia al azar el color del trazo de la tortuga al trazar cada nuevo lado del cuadrado).

Este último ejemplo muestra que es posible realizar la misma acción de diferentes formas, cada una de ellas escrita en forma más resumida que la anterior.

Se trata de no repetir bloques, mediante la inclusión de bloques como *repetir*, *mientras*, *por siempre*, *hasta*, etc.

## Ejemplo 2 trazar un triángulo equilátero:

Realizaremos este trazado ([triángulo repetir 3.ta](#)) recordando que los ángulos internos del mismo son de  $60^\circ$ . Pero como nuestra tortuga hace uso de los ángulos externos, utilizaremos los  $120^\circ$  correspondientes. Procedemos en forma similar a la programación del **caso C** anterior:



## Ejemplo 3 trazar un polígono regular de N lados. Introducción al uso de variables ("caja") en TB:

Al comparar las últimas dos programaciones, vemos que el conjunto de bloques dentro de *repetir* se ejecuta una cantidad de veces que coincide con el "Número de lados" del polígono a trazar, y que el *ángulo externo* que se escribe junto al bloque *derecha* (responsable de girar la tortuga) corresponde al valor  $(360^\circ/\text{Número de lados})$ . Esto nos permite introducir el concepto de **variable**, una cantidad que puede introducirse como un parámetro y que luego podrá mostrarse en pantalla, utilizarse para cálculos posteriores, etc.:

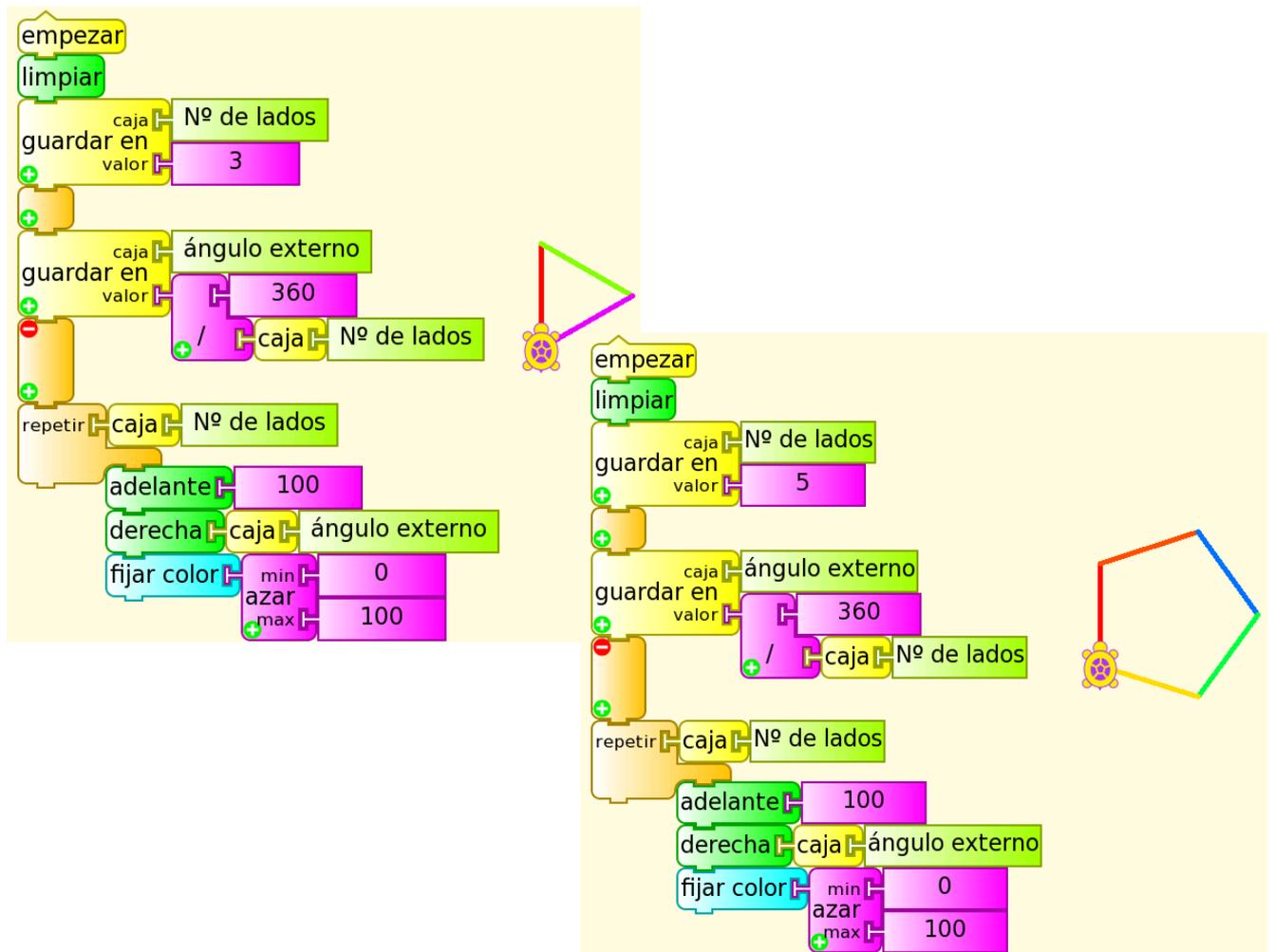
En TB las variables se almacenan en "cajas": caja 1, caja 2, o en una caja cuyo nombre podemos elegir.

En este caso creamos dos cajas:

1. "Nº de lados" y
2. "ángulo externo".

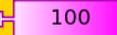
El valor correspondiente a la caja "Número de lados" debe escribirse en ella antes de ejecutar el programa, mientras que el valor de la caja "ángulo externo" se calcula a partir de aquella.

El programa siguiente ([polígono cajas.ta](#)) dibuja un triángulo, un cuadrado, un pentágono, etc. de acuerdo al valor que se introduzca inicialmente en la caja "Nº de lados" (valores 3, 4, 5, etc.). Se muestran los casos correspondientes a los valores 3 y 5 los cuales producen el trazado de un triángulo equilátero y de un pentágono:



## Desplegar en pantalla texto, valores numéricos e imágenes. Introducción a tipos de datos, operadores y estructuras de control en TB:

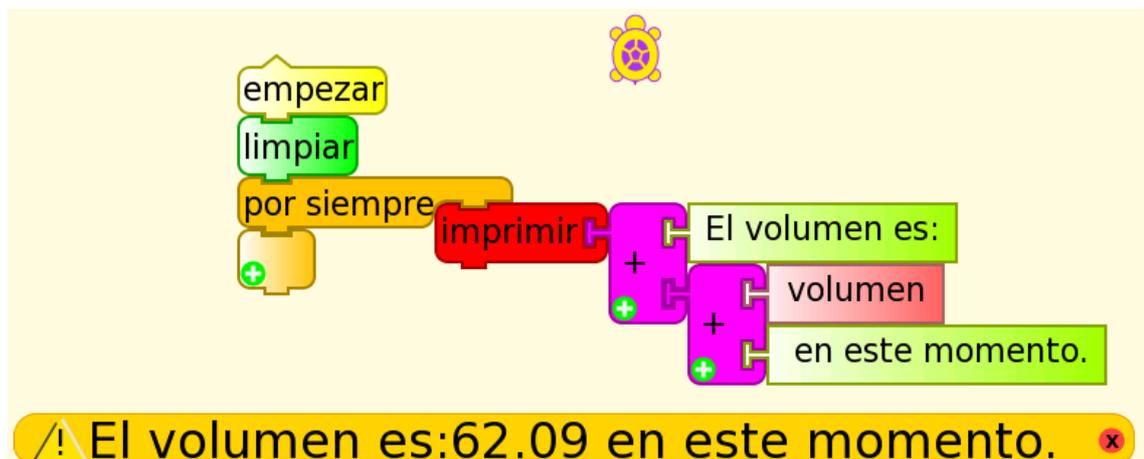
Para hacerlo basta con utilizar el bloque *mostrar* conectado a:

1. un bloque  (cadena de caracteres ) que se quiera desplegar
2. un bloque  (valor numérico entero o real) o
3. el contenido de una variable "caja". Este bloque puede ser el resultado de la lectura de un sensor conectado a la entrada de micrófono externo de la XO.

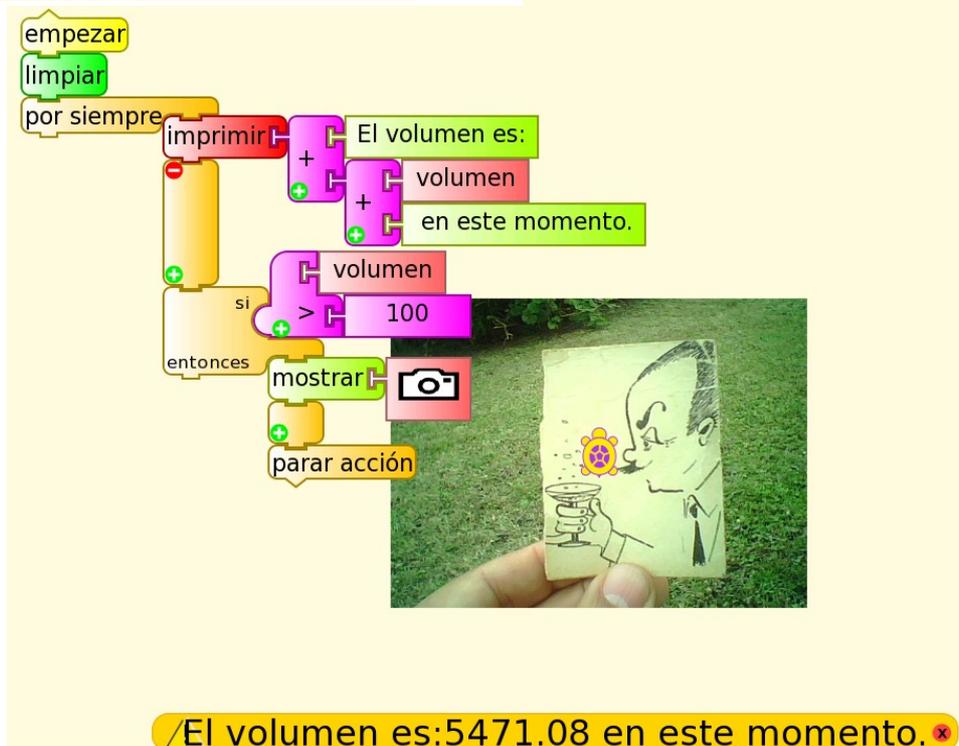
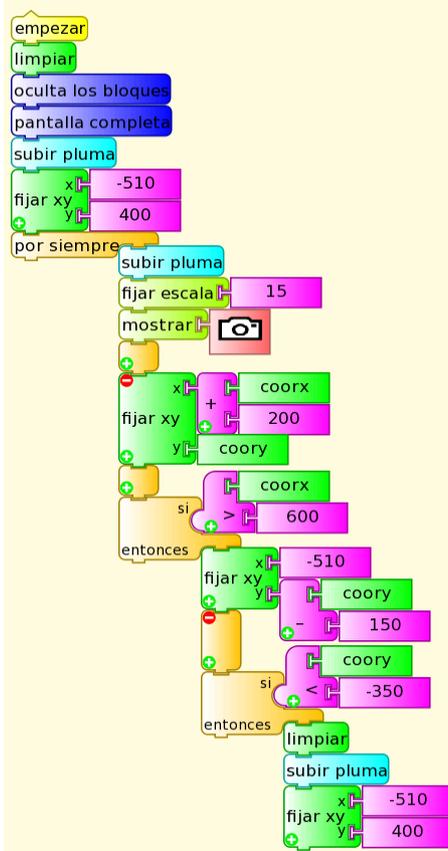
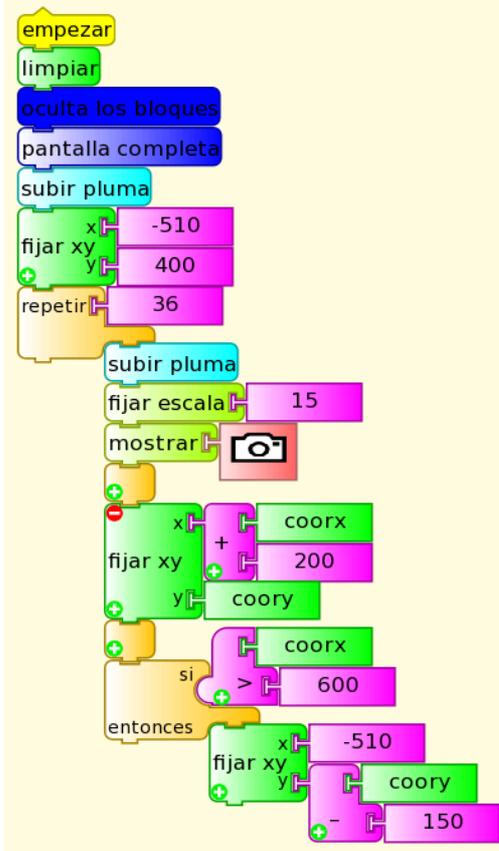
Puede utilizarse *mostrar* para que se despliegue texto y valor numérico a la vez mediante el uso del operador *suma* y hacer más clara la interpretación del valor mostrado. El siguiente ejemplo ([mostrar volumen.ta](#)) despliega en pantalla el valor numérico correspondiente al volumen del sonido que registra el micrófono de XO:



Si queremos monitorear el volumen continuamente, debemos escribir un programa ([monitor de volumen.ta](#)) que repita de forma permanente la acción anterior. Para ello utilizaremos el bloque *por siempre*, pero unido al bloque *imprimir* el cual mostrará lo anterior en una *barra de estado* que se despliega en la base de la pantalla. Haremos esto porque *mostrar* escribe a partir de la posición inicial de la tortuga y, si no queremos que lo haga sobre lo ya escrito, debemos reposicionarla antes de repetir la acción (se utilizará para generar cuadros de valores más adelante). Se muestra abajo el monitor de volumen:



Para completar la presentación de tipos de datos en TB y los despliegues en pantalla, agregaremos a lo anterior una condición lógica: si el volumen es mayor que cierto valor, la cámara tomará una foto y se mostrará en pantalla. Para esto debemos utilizar el bloque *si-entonces* (de la Paleta de operadores de flujo) junto al operador *mayor que*: de esta forma, si se cumple la condición (tipo de dato lógico o booleano que puede tomar únicamente dos valores *verdadero* o *falso*) el programa ([si volumen 100 saca foto.ta](#)) ejecuta las líneas que siguen al *entonces*:



El bloque *parar acción* conectado en la ubicación más baja del conjunto detiene la ejecución del bloque *por siempre* una vez que se cumple la condición y se muestra la foto. Si se quiere que la ejecución del programa continúe en forma indefinida debe eliminarse ese bloque. Esta ejecución permanente sin condición de parada suele llamarse bucle, lazo o *loop* infinito.

El siguiente ejemplo (abajo, a la izquierda, [storyboard 36.ta](#)) consiste en una programación que dispara la cámara 36 veces sucesivas, ubicando una foto junto a la otra formando una matriz de 6x6 hasta cubrir toda la pantalla. Se trata de un ejemplo que puede utilizarse como entretenimiento para lo más chicos.

Una ligera modificación (abajo, a la derecha, [storyboard.ta](#)) repite la acción en forma indefinida hasta detener la ejecución del programa:

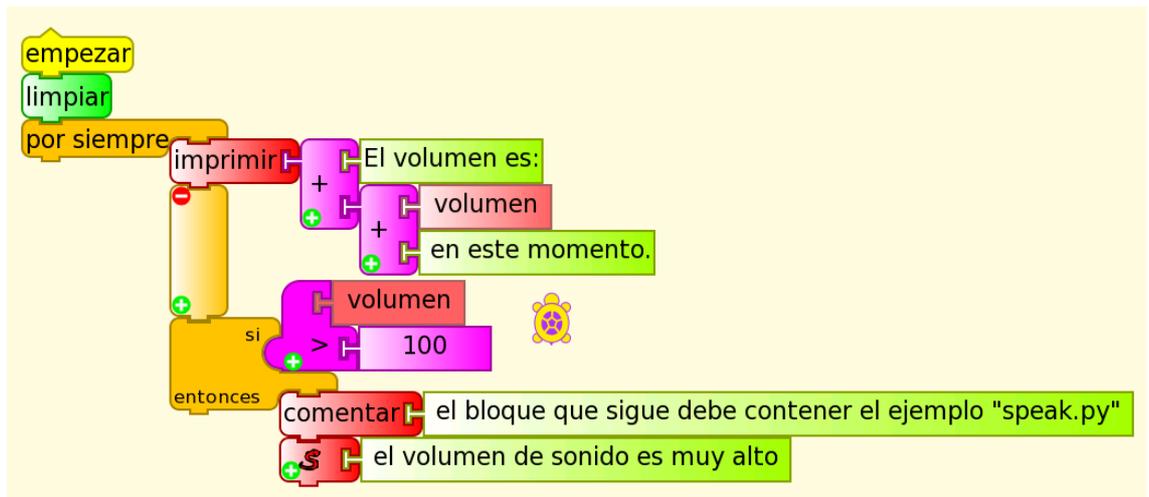
También puede desplegarse en pantalla con el bloque *mostrar* cualquier otro tipo de objetos de medios, en particular videos: estos objetos deben estar almacenados en el diario de XO.

## **Emisión de sonidos y síntesis de voz. Introducción al uso del bloque Python**

La capacidad de TB de emitir sonidos de frecuencia ajustable se trató en el **Capítulo 10 La conversión Digital a Analógica** (mediante la carga del bloque de programación Python  de muestra llamado *sinewave.py*).

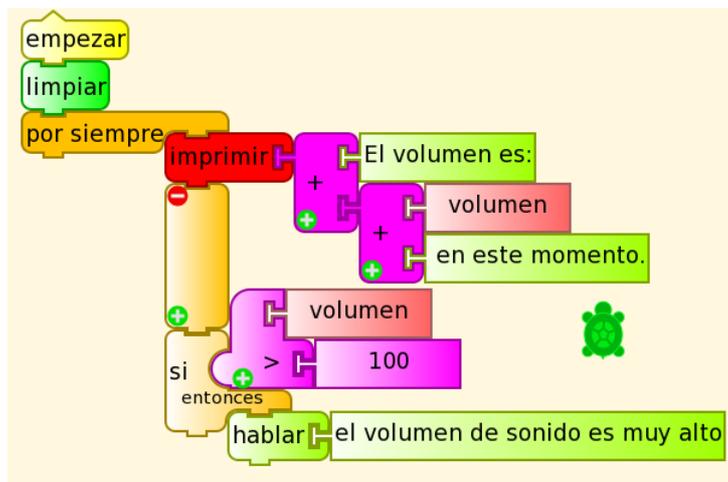
Otra capacidad interesante de TB refiere a la posibilidad de emitir un mensaje hablado mediante el uso del bloque de programación Python *speak.py* incluido como muestra dentro de la carpeta *pysamples*. Este código puede incluirse dentro de nuestro programa TB mediante la carga del bloque Python; este procedimiento está descrito en el **Capítulo 11 La Actividad TURTLE BLOCKS (TB)**.

El siguiente ejemplo ([si volumen 100 habla.ta](#)) es una modificación del anterior [si volumen 100 saca foto.ta](#) que hace que la XO “hable” cuando el volumen registrado por el micrófono es superior al valor (arbitrario) 100. En este caso se escuchará el mensaje “el volumen de sonido es muy alto”:



**Nota:** Debe recordarse que cada vez que esta programación se copie a otra XO, el bloque Python se “vacía”, por lo cual debe repetirse el proceso de “carga” y guardar en el Diario. A partir de entonces se ejecutará en forma correcta cada vez que se invoque. El bloque *comentar* se agrega a la programación como recordatorio de este dato que puede olvidarse.

Si se trabaja con TB versión 130 y posteriores, este problema de “vaciado” no existe porque se usa el bloque *hablar* como se muestra ([si volumen 100 habla v130.ta](#)):

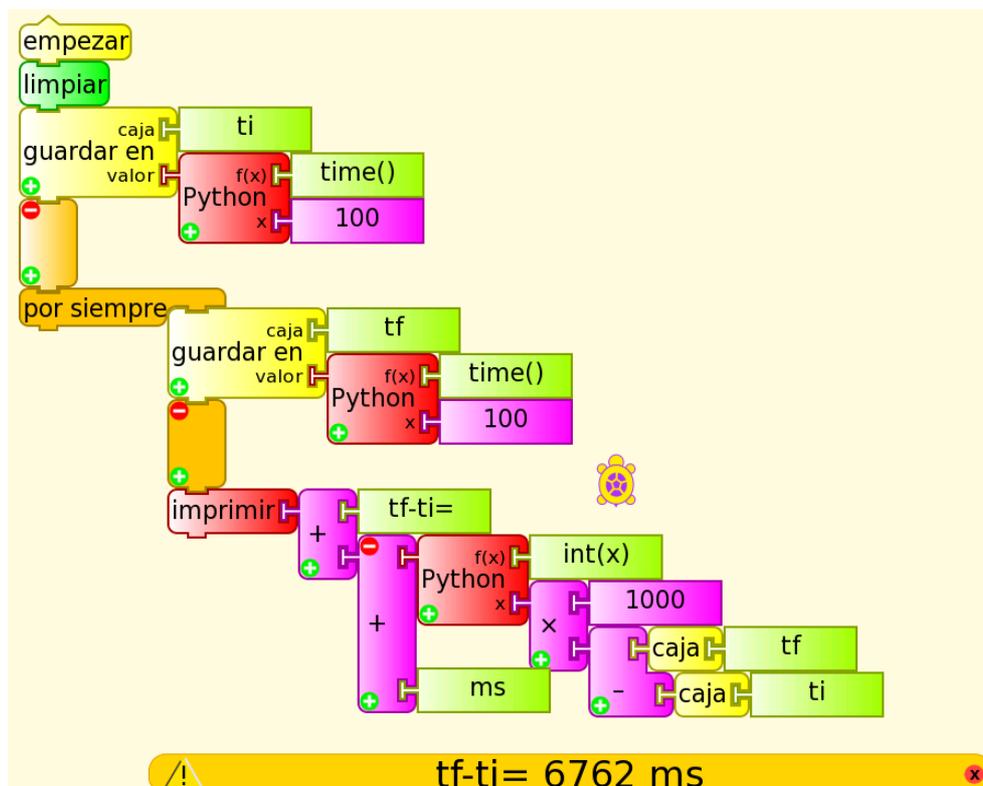


**Generalización:** al igual que en los dos ejemplos arriba mencionados (*speak.py* y *sinewave.py*), dentro de una programación TB puede introducirse una porción de código de varias líneas escrito en Python mediante la introducción del *bloque Python*. Esto puede facilitarnos tareas frecuentes que aparecen como muestras en la carpeta *pysamples* y que no podemos programar mediante los bloques TB disponibles. También puede escribirse un bloque absolutamente original en la Actividad Pippy (por ejemplo), guardarlo en el diario con el nombre *myblock*, para luego cargarlo en nuestro programa.

## Acceso a medidas de tiempo y cálculos de funciones matemáticas. Introducción al uso del bloque función Python

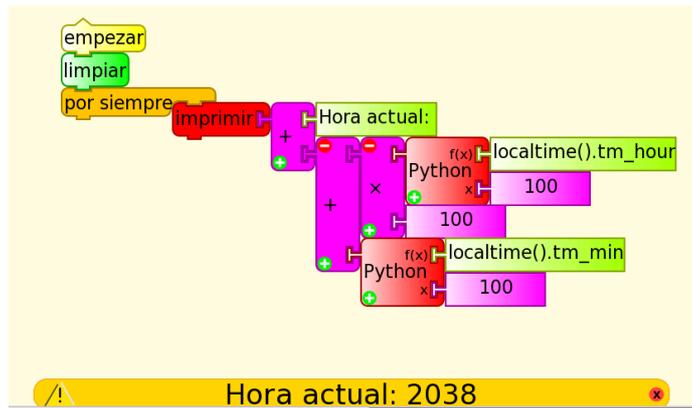


Un bloque que presenta una gran versatilidad al programar es el *bloque función Python* que, a diferencia del *bloque Python*, permite la ejecución de un comando o línea de programación única; por ejemplo, si se desea realizar medidas de tiempo podemos invocar desde este bloque el comando Python `time()`, y obtendremos el instante de tiempo actual, medido con respecto a un origen arbitrario (conocido como *epoch*). Si queremos programar un cronómetro a la milésima de segundo, podemos escribir el programa siguiente ([Cronómetro \(ms\).ta](#)):

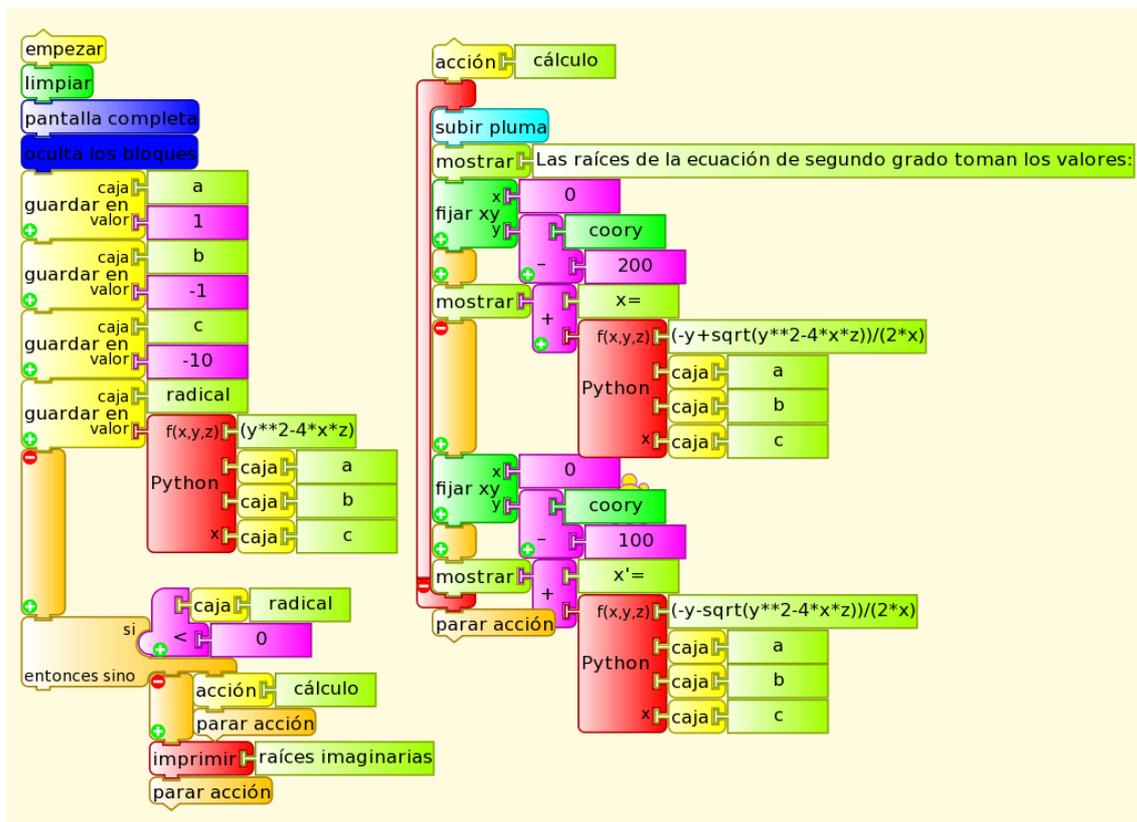


El programa comienza guardando el instante inicial en una caja que llamamos “ti” para luego imprimir en pantalla en forma permanente el resultado de restar al instante de tiempo actual (previamente almacenado en la caja “tf”) el valor “ti”. Como `time()` está expresado en segundos, multiplicamos la resta por 1000 para que en la pantalla aparezca el intervalo en milisegundos. De la operación “1000x(tf-ti)” tomamos únicamente la parte entera, mediante la ejecución del comando Python `int()`.

Vemos otro ejemplo de programación ([reloj.ta](#)) que usa los comandos `localtime().tm_hour` y `localtime().tm_min` dentro de *bloques función Python* para programar el despliegue en pantalla de la hora actual:



Además de lo anterior, este bloque nos permite realizar cálculos matemáticos avanzados de una (x), dos (x, y) o tres (x, y, z) variables. Para seleccionar la cantidad de parámetros o variables, debe presionarse el signo "+", ubicado en el vértice inferior izquierdo del bloque. Por omisión el bloque tiene como salida:  $f(x)=x$  con  $x=100$ . Para realizar cualquier otro cálculo, debe escribirse la función dentro del bloque "f(x)" con la sintaxis adecuada que puede consultarse en PYTHON DOC MATH. El ejemplo que sigue ([Baskara.ta](http://Baskara.ta)) es la programación que obtiene las raíces de una ecuación de segundo grado luego que se ingresan los coeficientes **a**, **b** y **c** de la misma (almacenándolos en "cajas" de igual nombre):



En este caso se trata de  $x^2 - x - 10 = 0$ , obteniéndose en pantalla:

La programación anterior podría construirse uniendo bloques de la paleta de operadores numéricos, pero sería mucho menos intuitiva y más larga.

Las raíces de la ecuación de segundo grado toman los valores:

$$x=3.7$$

$$x'=-2.7$$

## **Uso de acciones y almacenamiento de valores en la pila: *bloques vaciar pila, empujar y sacar.***

Puede notarse que el programa del ejemplo inmediato anterior ([Báskara.ta](#)) está escrito en base a dos columnas de bloques: la columna principal encabezada por **empezar** y la secundaria encabezada por **acción1** **cálculo**. Esta última se ejecuta al ser invocada con **acción1** **cálculo** desde el cuerpo principal del programa.

Esta forma de escribir programas complejos en base a módulos específicos que realizan tareas más simples se recomienda para ganar en simplicidad, claridad y para reutilizar acciones que se repiten en varios programas. En TB estas subrutinas o subprogramas reciben el nombre de *acciones* y para trabajar con ellos se utilizan los bloques *acción1*, *acción2*, o *acción\_nombreable*, esta última muy útil para hacer más legible e intuitiva la redacción del programa.

Luego de haber introducido el concepto de variable en TB con el uso de las “cajas”, presentamos una alternativa que amplía este tipo de posibilidades de almacenamiento: la *pila*. Esta consiste en una serie de direcciones de memoria que se pueden cargar de valores mediante el bloque *empujar*, para utilizarlos posteriormente, en este caso mediante el bloque *sacar*. Los valores se almacenan como cuando se procede a llenar una caja con paquetes: el primero en entrar será el último en salir (por esto recibe el nombre de FILO *first in last out*).

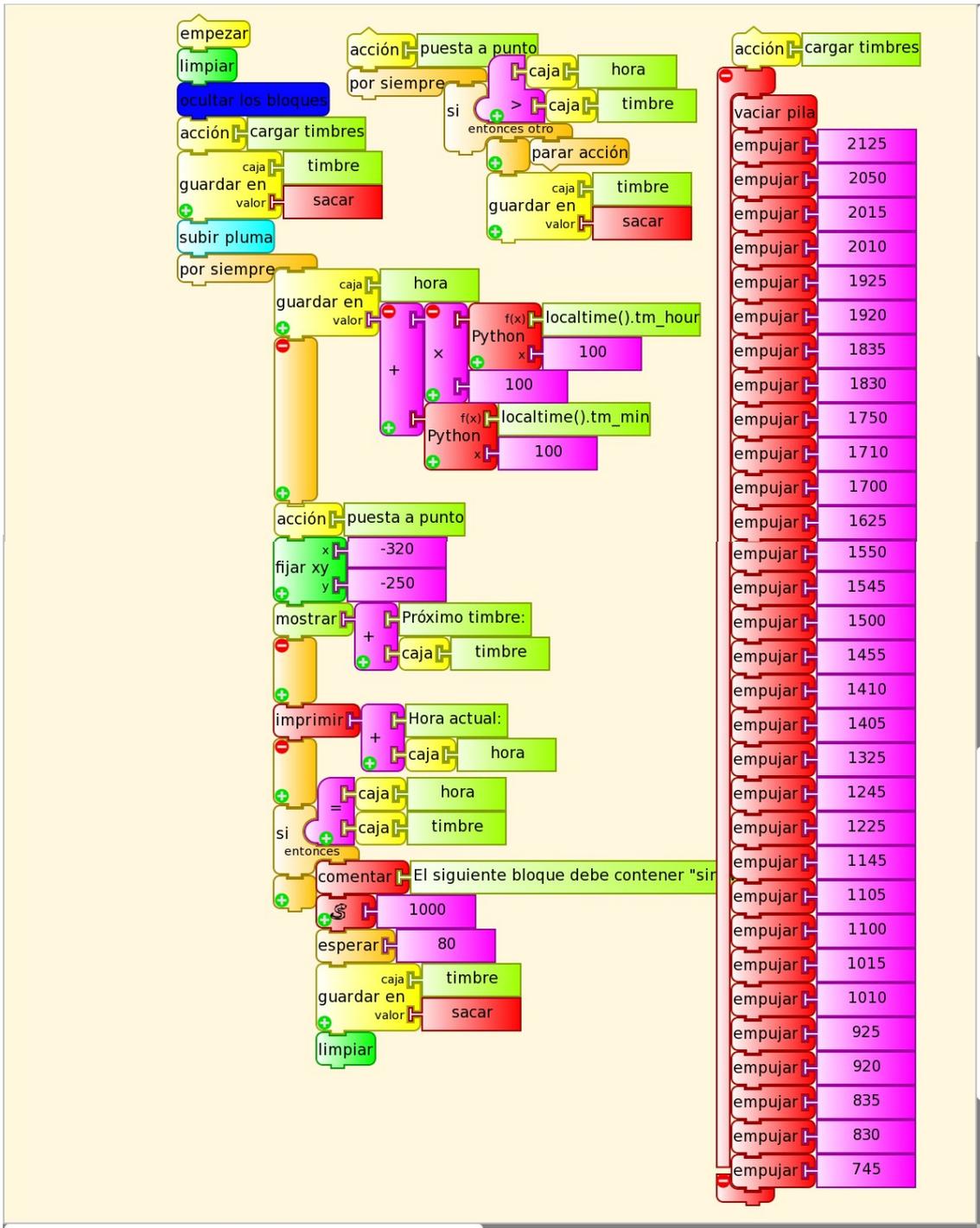
Cabe aclarar que todo programa que haga uso de la pila debe comenzar borrando su contenido mediante el bloque *vaciar pila*. Si durante la etapa de prueba de programación quiere conocerse el contenido de la misma, puede usarse el bloque *mostrar pila*.

Mostraremos aquí un programa de aplicación, que monitorea la hora actual y cuando esta coincide con alguno de los valores almacenados en la “pila” (mediante la acción *cargar timbres*), emite un sonido de frecuencia 1000 Hz.

Para obtener la hora actual se utilizan los comandos *localtime().tm\_hour* (hora) y *localtime().tm\_min* (minutos). La acción *cargar timbres* vacía la pila y almacena los valores de hora que coinciden con un “timbre” de entrada o salida. La acción *puesta a punto* almacena en la caja *timbre* la hora correspondiente al timbre más próximo a la hora actual. Cuando ambos valores coinciden, se emite el sonido correspondiente al “timbre”.

Este ejemplo ([timbres solymar1.ta](#)) puede utilizarse para hacer sonar en forma automática los timbres de entrada y salida de clases en un liceo. Se muestran en pantalla la hora actual y la hora correspondiente al próximo timbre:

NOTA: El conjunto de bloques dentro de la acción *cargar timbres* puede *colapsar* en un único bloque haciendo clic sobre el signo “-”.

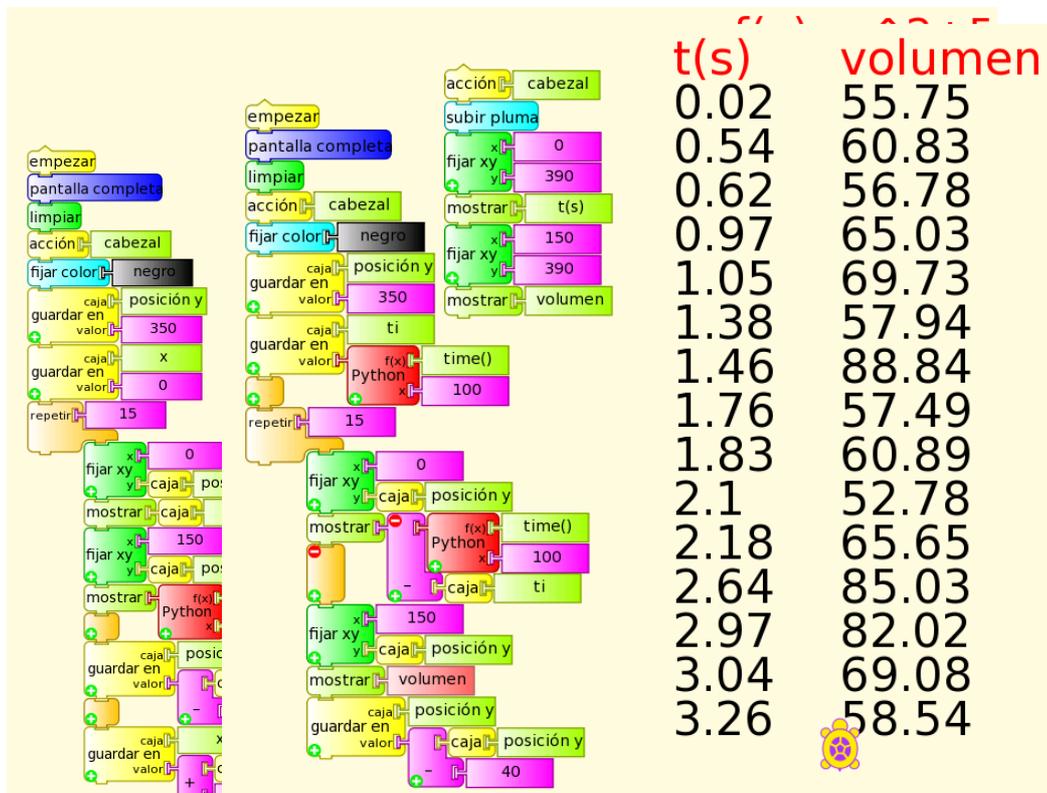


## Programación de despliegue de cuadros de valores en pantalla

Una programación muy frecuente de cualquier software de adquisición de datos es la generación y despliegue en pantalla de cuadros de valores. En el ejemplo que sigue se muestra el cuadro de valores que muestra en la columna izquierda los valores de  $x$  y en la columna derecha el resultado de la función de  $x$  dada, en este ejemplo, por la expresión  $f(x) = x^2 + 5$ .

Para hacerlo, debemos usar el bloque *mostrar* en forma reiterada (iteración): por cada iteración se incrementará la variable  $x$  en una unidad y se calculará el valor que toma la función  $f(x)$  elegida.

Inicialmente se borra la pantalla, se sitúa la tortuga en la fila superior, se escribe el cabezal del cuadro de valores (*acción cabeza*) y se sitúa la tortuga en la fila inmediata inferior. Luego, y en forma reiterada **N** veces (la cantidad de pares de valores a listar la pantalla), se escribe el valor de **x**, se pasa a la segunda columna, se escribe el valor de **f(x)**, y se pasa a la siguiente fila para reiniciar la escritura de cada nuevo par de valores (*tabla fx.ta*) :



El programa siguiente (*tabla tiempo volumen.ta*) despliega el cuadro de valores “instante de tiempo **t**”/“volumen registrado por el micrófono **volumen**”. Para esto calcula el intervalo de tiempo (en segundos) medido desde que inicia la ejecución del programa en forma similar al procedimiento mostrado anteriormente en el ejemplo *cronómetro (ms).ta*:

## Construcción de gráficas basadas en iteración de coordenada x y basadas en tiempo

La aplicación que sigue a la construcción y despliegue de tablas de valores es la construcción de gráficas. Para comenzar se grafica una función matemática de x en función del valor de la coordenada **x** que se incrementa en sucesivas iteraciones. El modo directo de obtener el dibujo de una gráfica de este tipo es mediante el bloque de posicionamiento de la tortuga *fijar xy*, que ubica a la misma en el punto de coordenadas (x, y) indicadas. Por omisión la tortuga deja un trazo entre la ubicación original y la nueva, por lo cual si están muy próximas nos dibuja la curva que representa la función.

Se grafica la función  $f(x) = 500e^{-\frac{x}{150}} \sin\left(\frac{x}{10}\right)$  para el intervalo [1, 559].

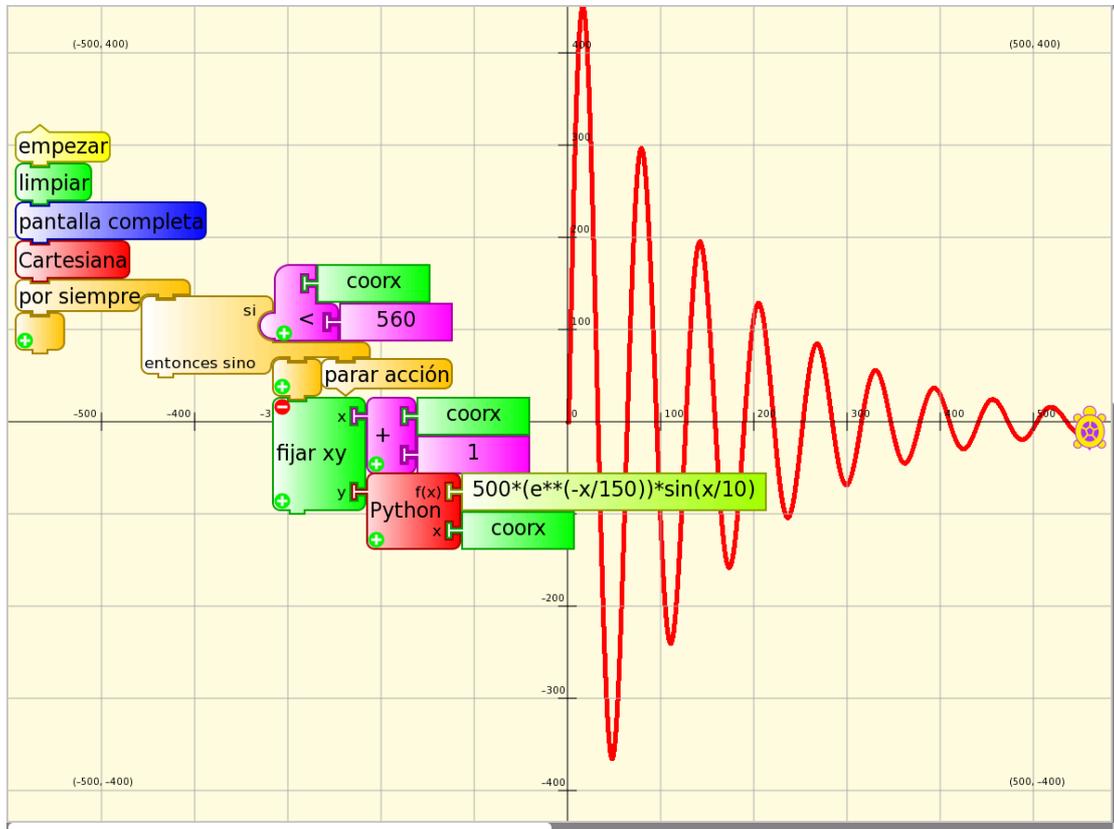
La variable **x** coincide con la coordenada **x** de la tortuga la cual toma el valor inicial 1 y se incrementa en la unidad para cada iteración. El bloque *función Python* calcula el valor que toma la función y es utilizado para fijar la coordenada **y** de la tortuga.

Para realizar la iteración podemos utilizar:

1. el bloque *repetir N veces*,

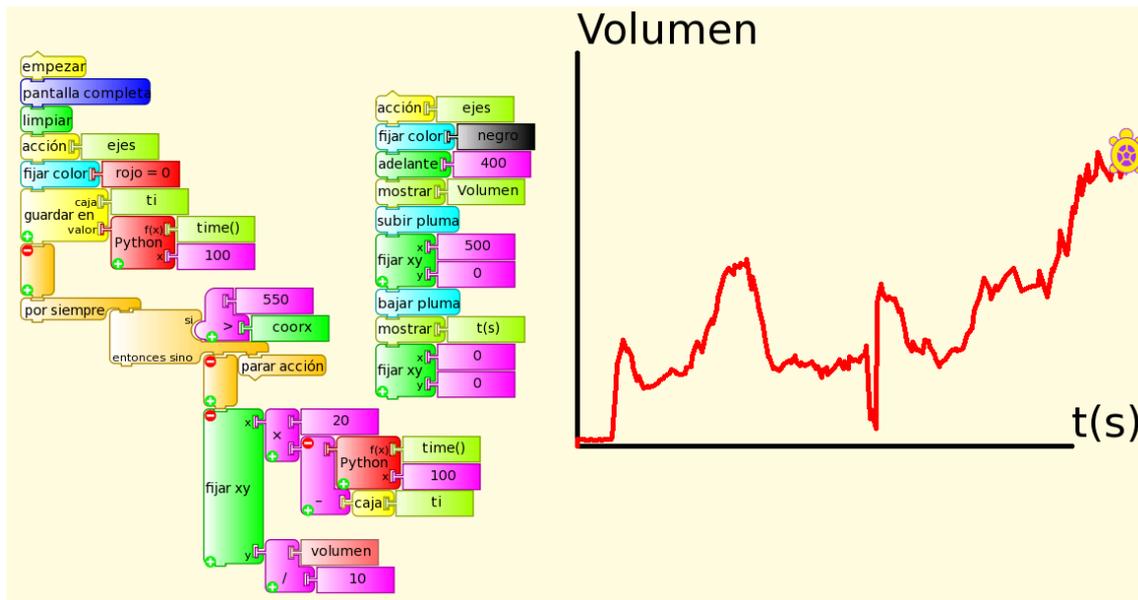
2. el bloque *por siempre* (más una condición de parada),
3. el bloque *hasta* (más una condición) o bien
4. el bloque *mientras* (que se ejecutará mientras la condición sea verdadera)

En este caso ([osc amort.ta](#)) utilizamos este último bloque que dibujará la gráfica hasta que la coordenada *x* de la tortuga alcance el valor 560.



De forma similar a la programación de un cuadro de valores  $x/f(x)$  o tiempo/volumen, la construcción de una gráfica donde la coordenada *x* sea proporcional al tiempo involucra la invocación de un bloque *función Python* con *time()* almacenado inicialmente como "ti" (instante inicial) para poder calcular, luego de invocarlo reiteradas veces, el intervalo de tiempo transcurrido desde el inicio. Como los valores de coordenada *x* se encuentran entre -450 y 450, es probable que debamos multiplicar el intervalo de tiempo por un factor que nos permita desplegar la gráfica en pantalla de forma óptima.

El ejemplo ([gráfica volumen= f\(t\) con ejes .ta](#)) muestra un gráfico de volumen del micrófono en función del tiempo:



La *acción ejes* se encarga de trazar un par de ejes con origen en el centro de la pantalla (0, 0) en color negro encabezados por “volumen” y “t(s)”. A continuación se elige el color rojo para el trazado de la curva y se acumula el instante de tiempo inicial en la *caja ti*. El programa se estructura en base a un bloque *por siempre* que traza la curva hasta que la tortuga alcanza la coordenada **x=550** (borde derecho visible de la pantalla). Puede verse que el trazado no se basa solamente en ubicar la tortuga en las coordenadas (X=intervalo de tiempo, y= volumen) por lo siguiente:

1. coordenada x: si se usa directamente el intervalo de tiempo, la tortuga demora 550 segundos en alcanzar el extremo derecho visible de la pantalla (movimiento de velocidad excesivamente baja), por lo cual se utiliza este valor multiplicado por **20** para conseguir un movimiento (“barrido”) más apreciable en pantalla.
2. coordenada y: si se le asigna directamente el valor que retorna el bloque *volumen* para el nivel de intensidad de los sonidos habituales en un ambiente con varias personas conversando, la tortuga se sale de la pantalla (valores de  $y > 600$ ), por lo cual se utilizó “volumen/10”, para obtener un trazo visible en toda la pantalla.

Por supuesto que los valores de los coeficientes arriba mencionados deben ajustarse al uso que quiera darse a esta programación. Los valores que se obtienen del micrófono monitoreando *volumen* (unidades arbitrarias) deben utilizarse en forma cualitativa y solo tiene sentido su vínculo analizado en forma relativa, ya que los diversos sub sistemas de audio correspondientes a los distintos modelos de XO, generan valores muy diferentes.

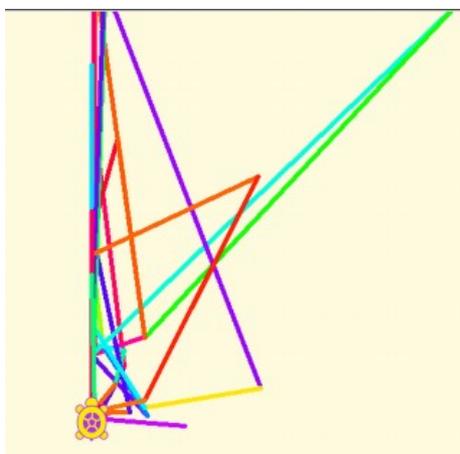
## Nota sobre Recursividad en TB:

Algunos lenguajes de programación poseen una capacidad muy particular llamada recursividad. La misma consiste en la posibilidad de que una acción se invoque a sí misma, generando un código muy potente que en pocas líneas realiza una acción muy compleja. TB posee esta capacidad, lo cual puede consultarse (por ejemplo) en FORSTER (blog de Tony Forster).

## 12.2 Recomendaciones al programar lectura de sensores en TB y Medir

Nuestra experiencia en el uso de diferentes versiones de Medir y TB nos indica una serie de recomendaciones a tener en cuenta:

1. Medir y TB son Actividades en desarrollo permanente, por lo cual debe verificarse el nivel de calibración de las medidas que se obtienen con Medir y ejecutarse las programaciones en cada nueva versión de TB para estar seguro que no se ven afectadas por las mejoras incorporadas. Este trabajo de prueba es fundamental para evitar pérdidas de tiempo posteriores. En este Proyecto se utilizan las versiones Medir 31 (XO1), 42 (XO1.5), TB v.109 (XO1) y TB v.130 (XO1.5) por haberse probado satisfactoriamente. Para XO1.75 se utilizó TB v.158.
2. Un error común en TB consiste en que la programación escrita puede fallar la primera vez que se ejecuta por lo cual se la debe probar a partir de la segunda ejecución.
3. Cuando se trabaja en TB con los *bloques sensor* debe tenerse en cuenta que no se pueden “bajar” dos bloque sensores diferentes a la vez, lo cual reporta un error. Esto también sucede cuando se supone haber borrado uno de ellos arrastrándolo hacia la paleta pero quedando oculto tras la misma. Existen excepciones: por ejemplo pueden coexistir *volumen* y *frecuencia*. Como ejemplo de ello se incorpora la programación [dibuja con tu voz.ta](#) que permite dibujar en la pantalla ubicando la tortuga en la posición (x, y) gobernadas por los valores de (frecuencia, volumen) de la voz emitida.



# 13 Medida de Voltaje y Resistencia: rangos, frecuencia de muestreo. Magnitudes Físicas a medir con XO. Montaje de caja para sensores.

## Introducción:

Las netbooks (sub portátiles) XO, al igual que la mayoría de ellas, traen incorporado un micrófono para registrar sonidos. Un software adecuado puede medir el volumen y la frecuencia (o frecuencias) presentes en el sonido registrado; en consecuencia, a través de la entrada de micrófono externo de la tarjeta de sonido se pueden leer valores (pequeños) de voltaje alterno (AC).

La cámara incorporada a XO nos permitirá (además de tomar fotos y vídeos) hacer lecturas cualitativas del nivel de iluminación, así como del color (en sus componentes RGB) de los objetos captados por ella.

Sin embargo en este trabajo nos concentraremos en la capacidad única de la XO que consiste en leer voltajes continuos (DC) y resistencia óhmica a través de la entrada de micrófono externo.

## 13.1 Medida de Voltaje y Resistencia: rangos, frecuencia de muestreo

### Modo Voltaje:

La entrada de micrófono externo de XO admite lectura de voltajes externos únicamente dentro del rango especificado por el fabricante. Si bien en su diseño se han incluido componentes electrónicos de seguridad, si se conectan voltajes fuera del rango puede dañarse en forma permanente la placa madre e inutilizar la XO. Es por ello que toda lectura de voltajes o uso de sensores que produzcan salida de voltaje (que por lo general se alimentan del voltaje 5 V DC disponible en los puertos USB) debe estar a cargo de adultos capacitados y debe probarse SIEMPRE previamente mediante un voltímetro conectado al conector de audio TRS macho.

Un voltaje dentro del rango pero con la polaridad invertida puede provocar daño irreversible en la placa madre. Se sugiere tener el máximo cuidado y tomar todas las precauciones al trabajar en modo voltaje.

Para destacarlo, deben observarse las siguientes:

#### **PRECAUCIONES DE SEGURIDAD:**

1- Nunca conecte a la entrada de alimentación, a los conectores de audio *micrófono externo* y *auriculares*, ni a los puertos USB de la XO voltajes provenientes del tomacorriente (220V AC) ya que la dañarían en forma irreparable y son muy peligrosos para usted.

2- No conecte a la entrada de micrófono externo voltajes que excedan los rangos indicados, o que tengan la polaridad inversa a la indicada, ya que dañarían en forma irreparable la XO.

3- Los puertos USB pueden proveer una intensidad máxima total de 1 A. No realice conexiones que puedan establecer intensidades de corriente que excedan este valor ya que podrían dañar su XO en forma irreparable.

## **Modo Resistencia:**

Si se trabaja en el modo resistencia, a diferencia del modo anterior, no existe peligro en las conexiones a realizar. Se debe tener en cuenta solamente la elección de componentes resistivos cuyos valores de resistencia se encuentren dentro del rango de medida correspondiente para que se registren lecturas por parte de la XO.

### **Rangos de entrada de voltaje DC y resistencia en XO1, XO1.5 y XO1.75 (SKU206)**

Según los datos disponibles en OLPC MEASURE, y en SUGARLABS SENSORS:

|                    | <b>XO1</b>                               |                          | <b>XO1.5**</b>                          |   | <b>XO1.75<br/>SKU206</b>                              |
|--------------------|--|--------------------------|---|---|---|
|                    | <b>previsto</b>                          | <b>medido</b>            | <b>previsto</b>                         | <b>medido</b>   | <b>medido</b>   |
| <b>Voltaje DC</b>  | 0.40 a 1.85 V*<br>(Impedancia<br>140k Ω) | 0.41 a 1.87 V            | 0.17 V a 3.0 V<br>(Impedancia<br>15 kΩ) | CH L:<br>0.17 a 3.22 V<br>CH R:<br>0.17 a 3.22 V                | CH L:<br>-0.3 a 3.03 V<br>CH R:<br>--                 |
| <b>Resistencia</b> | 750 Ω a 14 kΩ                            | 700.67 Ω a<br>14079.07 Ω | 2 kΩ a circuito<br>abierto              | CH L:<br>2653.22 Ω a<br>420 MΩ<br>CH R: 2653.22<br>Ω a<br>13 MΩ | CH L:<br>0 Ω a<br>1x10 <sup>10</sup> Ω<br>CH R:<br>-- |

\* Si bien el rango absolutamente máximo de entrada del AD1888 es -0.5 V a 6.3 V se sugiere respetar el indicado aquí.

\*\* **CHL** (por su sigla en inglés): refiere a la entrada "Canal Izquierdo" (contactos TS en el conector de audio macho) y

**CHR:** refiere a la entrada "canal derecho" (contactos RS)

**Nota:** Al obtener las medidas nos resultó curioso que los rangos de resistencia medidos por XO1.5 en cada canal no coincidan. Esto debe revisarse junto a la comparación de los niveles de calibrado de ambos canales.

### **Frecuencia máxima de muestreo en Actividad MEDIR y en Actividad TB**

Cualquier sistema de adquisición de datos está limitado por sus características, las cuales pueden originarse en su hardware y, posteriormente, en su software.

Estas limitaciones muchas veces pueden superarse modificando uno u otro, lo cual implica conocimientos y recursos extra. En el proyecto que aquí se presenta se pretende lograr la más amplia difusión de los conceptos de *sistema de adquisición de datos* mediante el uso de la mínima cantidad de componentes (hardware), priorizando el uso de sensores resistivos (para minimizar la posibilidad de dañar la XO por errores de montaje) y utilizando las Actividades SUGAR que se han programado para la netbook (Medir, TB, etc.). Los rangos de medida de voltaje y

resistencia los fija el hardware de cada modelo de XO. La frecuencia máxima de muestreo (cantidad máxima de medidas que se pueden leer por segundo), determinada por las características de la tarjeta de sonido, estará limitada además por la Actividad que estemos utilizando. La Actividad Medir nos permitirá medir a una frecuencia de muestreo de 48kHz (48.000 muestras por segundo). Para quien lo necesite, el sub sistema de audio de XO1 (según información técnica disponible) tiene la capacidad de muestreo máxima de 96 Khz. Debe estudiarse qué modificaciones en el archivo *config.py* permitirían acceder a ese valor máximo.

Las programaciones realizadas en TB se ejecutan en forma interpretada (esto es consecuencia de que Python es un lenguaje de programación interpretado), lo cual produce dos efectos:

1. no se muestrea a frecuencia fija
2. la frecuencia máxima de muestreo debe determinarse en forma práctica para cada programa escrito.

Según nuestra experiencia, XO1 en programaciones TB permite leer voltajes en función del tiempo con una frecuencia que ronda los 20 Hz. Los modelos siguientes logran frecuencias superiores.

## **Conclusión:**

Las limitantes arriba mencionadas (rangos, frecuencia máxima de muestreo), unidas a las características de los transductores a utilizar, explican porqué en muchos casos que se describen a continuación se podrán hacer determinaciones cuantitativas de algunas de las magnitudes físicas arriba mencionadas y en otros casos aplicaciones solamente cualitativas.

## **13.2 Magnitudes físicas a medir con XO**

En base a lo anterior y a la existencia de transductores adecuados podremos registrar (entre otras) las siguientes magnitudes físicas:

### **Referencias:**

la columna **TM** indica si la medida es directa (D) o indirecta (I);  
en la columna **SI** aparece el nombre del sensor incorporado que se usa para medir;  
en la columna **SV** aparece el nombre del sensor que se usa para medir a través de un voltaje de salida;  
en la columna **SR** aparece el nombre del sensor resistivo que se usa para medir a través de una variación en su resistencia;

Nota: Las Actividades Medir y TB nos dan medidas del *volumen* de sonidos registrados por micrófono, dato que usaremos en aplicaciones cualitativas vinculadas a la intensidad del sonido sentido.

| <b>Magnitud física</b>              | <b>TM</b> | <b>SI</b>    | <b>SV</b>    | <b>SR</b>                    | <b>Actividad/ Software</b> |
|-------------------------------------|-----------|--------------|--------------|------------------------------|----------------------------|
| Voltaje AC y Voltaje DC             | D         | --           | √            | --                           | Medir TB                   |
| Intensidad de corriente             | I         | --           | Resistor     | --                           | TB                         |
| Resistencia óhmica                  | D         | --           | --           | √                            | Medir TB                   |
| Posición lineal/angular             | I         | --           | SHARP 2YOA21 | Potenciómetro Lineal/angular | TB                         |
| Nivel de iluminación* (Iluminancia) | D/I       | Cámara       | --           | LDR                          | TB                         |
| Temperatura                         | I         | --           | LM35         | termistor                    | TB                         |
| Campo Magnético                     | I         | --           | A1302        | --                           | TB                         |
| Fuerza                              | I         | --           | --           | FSR402                       | TB                         |
| Aceleración (solamente X01.75)      | D         | Acelerómetro | --           | --                           | TB                         |
| Frecuencia                          | D         | Micrófono    | --           | --                           | Medir TB/<br>Audacity      |

Nota (\*): en este caso estamos ante una excepción ya que se trata de una magnitud psico-física utilizada en fotometría.

Las aplicaciones de cualquier sensor pueden clasificarse en:

1. *cuantitativas*: son aquellas en las cuales se quiere utilizar la información obtenida mediante el sensor para determinaciones del tipo “**si/no**” o “**más/menos**”: en ellas se quiere detectar solamente las variaciones en el valor de la medida y no sus valores
2. *cuantitativas*: en estas aplicaciones se quiere tomar una medida en la unidades correspondientes, utilizando el conjunto *sensor+XO* como un instrumento de medida. Para esto debe procederse al *calibrado* del sensor.

### 13.3 Montaje de caja para sensores.

#### El cable de audio: Identificación de terminales y conductores.

Para trabajar en este proyecto, debemos preparar un cable de audio que nos permita conectar a la entrada de micrófono de XO las señales a medir. Para ello utilizaremos un cable de audio mono o estéreo (estos últimos se consiguen con más frecuencia) los cuales traen, respectivamente, conectores TR o TRS de 3.5 mm como el que muestra la foto:

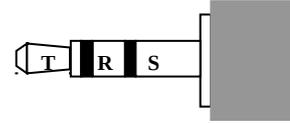


En el caso de cable mono, el conector tiene dos terminales (conectados a los cables interiores):

- el terminal de la punta T (*tip*) y
- el de la base o manga S (*sleeve*).

Si se trata de un cable estéreo, el conector tendrá tres terminales:

- el terminal de la punta T (*tip*),
- el terminal medio R (*ring*) y
- el de la base o manga S (*sleeve*).



Se indica a continuación la serie de pasos a seguir para identificar los cables conectados a cada terminal del conector de audio. Esto es importante para evitar dañar la XO al medir voltajes DC, ya que debe respetarse la siguiente correspondencia:

| Terminal | Canal de audio  | Señal    |
|----------|-----------------|----------|
| T        | CHL (izquierdo) | V+ (CHL) |
| R        | CHR (derecho)   | V+ (CHR) |
| S        | Terminal común  | V- (GND) |

Al trabajar con XO1 en medidas de resistencia o voltaje utilizaremos únicamente los terminales T y S, correspondientes al canal de audio izquierdo (CHL).

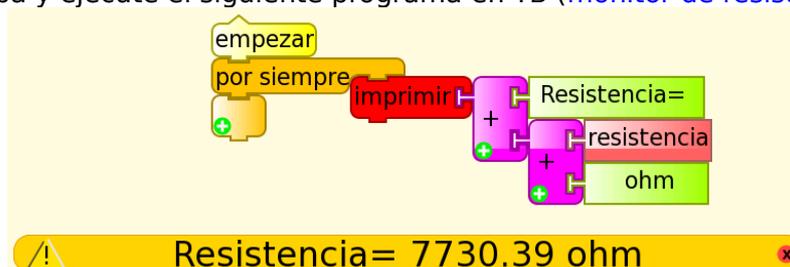
Los modelos XO1.5, XO1.75 y siguientes pueden medir dos señales a la vez, por lo cual se podrá utilizar el terminal R, correspondiente (junto al S) al canal de audio derecho (CHR).

## **Identificación de cables correspondientes a los terminales T y S (CHL):**

Corte al medio el cable de audio estéreo y quite unos 6 cm de la aislación exterior.

Dentro del mismo se descubren tres conductores con aislación: dos de ellos corresponden al CHL; para identificarlos, quite unos 5 mm de la aislación del extremo de cada conductor y procedemos como sigue:

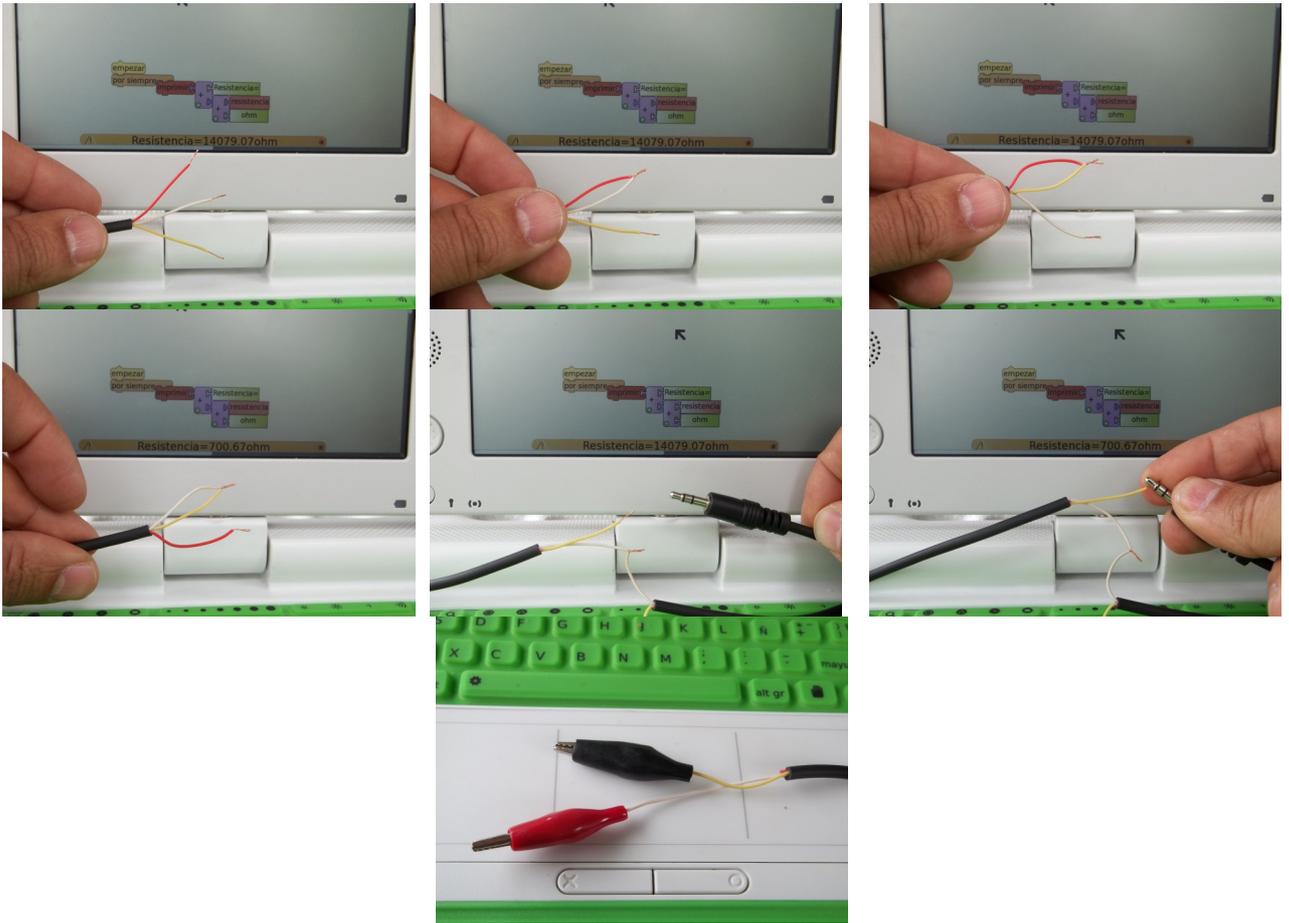
1. Conecte el cable a la entada de micrófono de XO  
Escriba y ejecute el siguiente programa en TB ([monitor de resistencia.ta](http://monitor.de.resistencia.ta)),



Si los cables no se tocan entre sí, en la barra de estado (abajo, anaranjada) aparece el valor máximo de resistencia que puede medir su XO (XO1: 14 000 ohm, XO1.5: 420 000 000 ohm, XO1.75: 999 999 999 ohm).

2. Ponga en contacto los cables dos a dos, probando todas las combinaciones posibles: cuando la resistencia en pantalla cambie a su valor mínimo (XO1: 700 ohm, XO1.5: 2 600 ohm, XO1.75: 0 ohm) esto indica que se han encontrado los cables que corresponden a los terminales T y S (CHL). En el caso que muestra la foto, se trata de los cables blanco y amarillo.
3. Con ayuda de la mitad restante del cable original puede identificarse el cable que corresponde al terminal T (punta) con un procedimiento similar. Una vez hecho esto, se recomienda soldar a los extremos de cada cable una pinza

cocodrilo del color que corresponde a la polaridad (T rojo, S negro). Estos cables deben cortarse con longitudes diferentes para evitar que se pongan en contacto entre sí en un descuido (ver más adelante).



## **Alimentación de sensores voltaje: El cable USB. Identificación de conductores.**

**Extremo cuidado:** un manejo irresponsable de los terminales USB (por ejemplo un cortocircuito entre 5v y tierra) puede dañar la XO en forma permanente. No realice las manipulaciones que siguen si no es usuario experimentado.

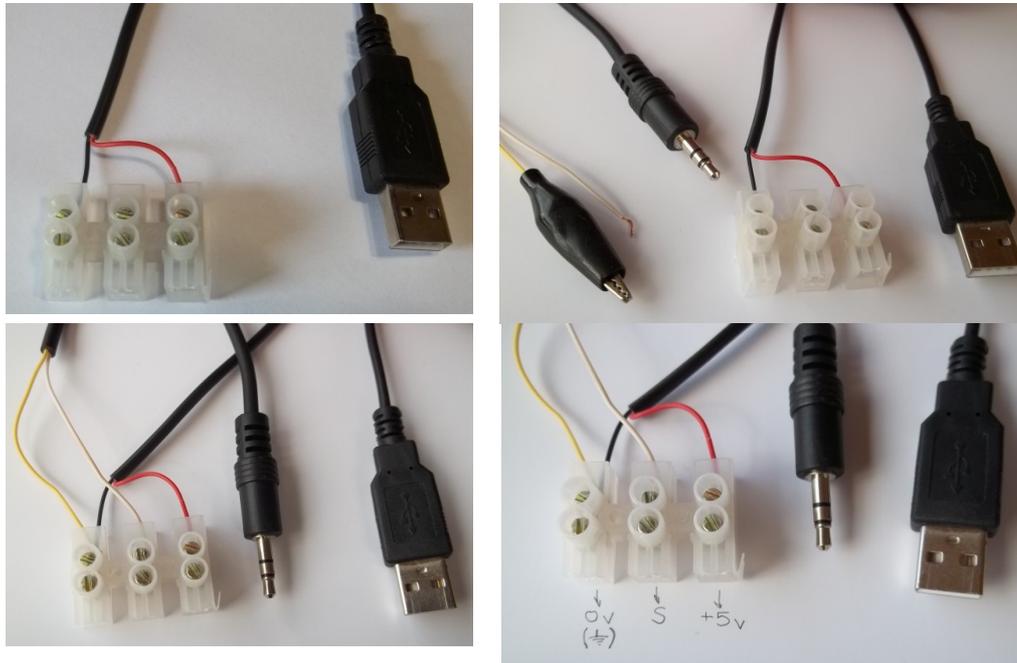
En varios casos ya descritos, utilizaremos sensores voltaje (**SV**) que deben alimentarse con un voltaje DC para funcionar. Para ello utilizaremos los 5 V DC que brinda cualquier puerto USB de XO. Esto nos permite montar sensores sin necesidad de fuente de alimentación externa, lo cual es una gran ventaja en costo y practicidad.

Para hacerlo se consigue un cable USB, se corta y descubren sus cables y se identifican: el de color rojo (+5V) y negro (0V o tierra). El resto de los cables se cortan y aíslan para evitar contactos entre ellos. Los cables seleccionados deben cortarse de diferente longitud para evitar contactos entre sí.

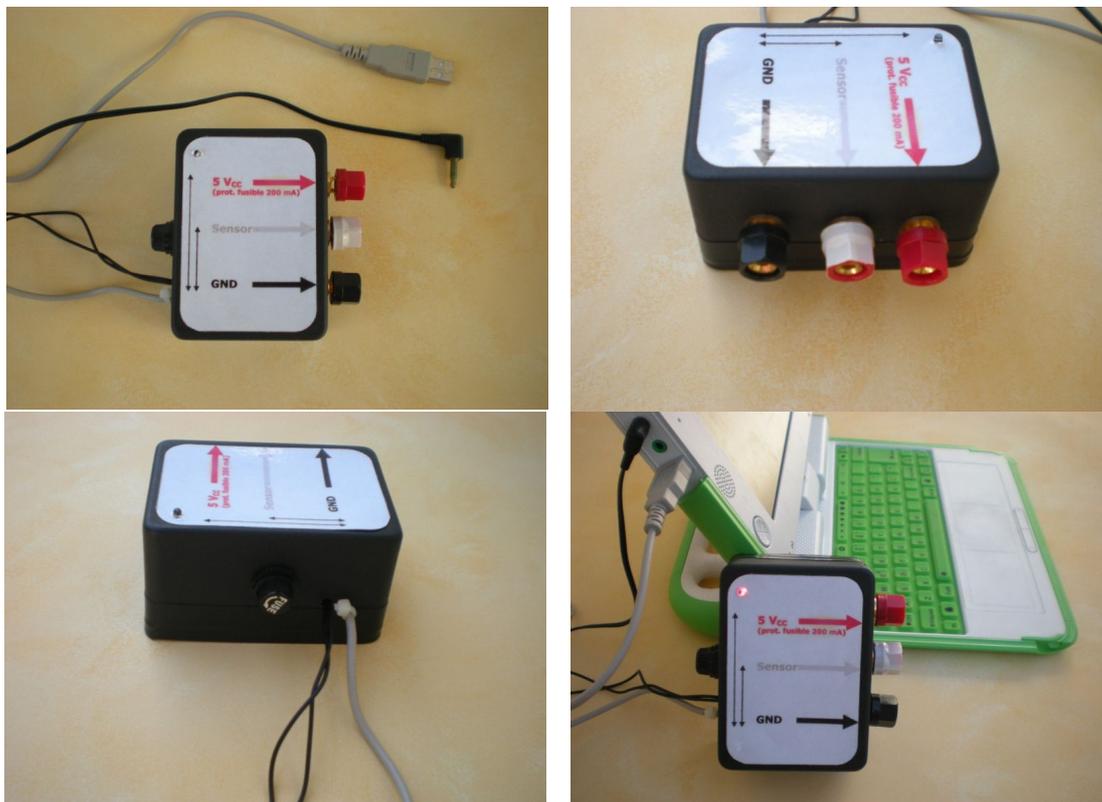


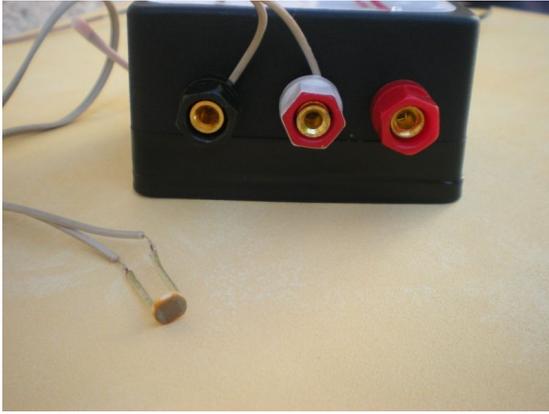
## **Montaje de regleta de conexiones integrando el cable de audio (señal) y el cable USB (alimentación de sensores voltaje). Caja sensora:**

Para cualquier montaje posterior, conviene diseñar un modelo de *terminales de conexión* para que sea más sencilla la tarea de prueba de sensores; una elección posible es con una regleta de conexión que integre el cable de audio para conectar la señal proveniente de los sensores con el cable USB que provee la alimentación de los sensores voltaje (5V) como la que se muestra en la serie de fotos:



Un modelo más definitivo integra terminales, un fusible de 200 mA conectado en serie al cable de tierra y un led indicador. Una etiqueta que identifica los terminales es útil para evitar equivocaciones al momento de probar los sensores. Esta *caja sensora* se muestra en la siguiente serie de fotos:

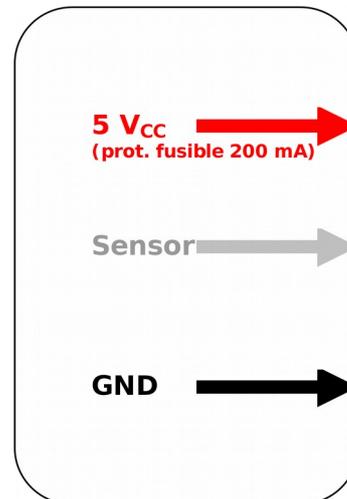




Los sensores resistivos (**SR**) que tienen dos terminales y no necesitan alimentación se conectan entre "OV" (negro) y "señal" (blanco): en la imagen inmediata superior izquierda se muestra como ejemplo un sensor de luz basado en un LDR.

Los sensores voltaje (**SV**) que tienen tres terminales y necesitan alimentación, se conectan a los terminales respectivos "OV" (negro), "señal" (blanco) y "5 V" (rojo): en la imagen inmediata superior derecha se muestra como ejemplo un sensor de temperatura basado en el integrado LM35.

La etiqueta superior se muestra en detalle:



# 14 Actividades Experimentales

## Introducción:

El hardware de la XO fue diseñado con la posibilidad de conectarle sensores de fácil montaje y bajo costo, lo cual la convierte en un instrumento ideal para **introducir** a nuestros estudiantes en la adquisición, tratamiento y almacenamiento de medidas que surgen de la interacción entre la XO y el mundo físico, permitiéndonos medir con ella gran variedad de magnitudes físicas. Podemos procesar la información de los sensores con la Actividad “Medir” o bien escribiendo programas en la Actividad “TurtleBlocks”, diseñada con herramientas exclusivas para el procesamiento de lecturas que provienen de ellos.

Para esto se necesitan elementos de programación, de electrónica y de Física. Para poder integrarlos y que realmente cualquier estudiante pueda acceder a estas actividades, hemos fijado una serie de criterios básicos que deben cumplirse para considerar una actividad dada como perteneciente al **Proyecto “Física con XO”**:

a-Las actividades experimentales deben poder realizarse con cualquier XO desde su modelo XO1 (el más elemental de ellos).

b-Las medidas a realizar deben obtenerse utilizando los sensores micrófono y cámara incorporada o bien mediante el montaje de sensores. Para ello se utilizará electrónica básica, eligiendo componentes de dos terminales a conectar directamente o (como máximo) tres terminales (alimentación 5V DC USB +señal), que se consigan en plaza, y cuyo precio tenga un límite máximo de \$U 200 (unos 8€ o U\$S 10).

c-Las lecturas de estos sensores deberán hacerse con Actividades SUGAR incluidas en cualquier XO, o bien software Linux incluido en las imágenes instaladas (por ejemplo *Audacity*)

d-Las programaciones se integran desde la perspectiva de una introducción a la programación.

Lo anterior fundamenta el Proyecto como una introducción a las medidas físicas con interfaz AD; en ningún caso sustituye los equipamientos fabricados para tal fin.

## Las Actividades Experimentales

A continuación se incluyen una serie de ideas para desarrollar Actividades Experimentales con XO: entre ellas podemos encontrar las que usan sensores montados y programados, lecturas provenientes de los sensores incorporados, o bien aquellas que utilizan elementos que están integrados a la XO como su imán de cierre o su cargador; se encuentran aplicaciones cualitativas y cuantitativas; se integran juegos (Primaria), elementos para descubrir fenómenos físicos (Primaria y Secundaria Básica) así como experimentos de nivel Secundaria Superior (Bachillerato). Es intención del autor realizar aportes para quienes quieran integrar la Física a sus cursos, Talleres o descubrirla mediante la exploración personal, y

estas ideas se presentan en el entendido que lo más importante no es lo que se ha hecho sino lo que los lectores quieran hacer en base a ello.

### **NOTA IMPORTANTE:**

1. Si está interesado en desarrollar las Actividades Experimentales que no impliquen riesgo para su XO (por errores en conexiones, etc.) puede buscar en este capítulo aquellas fichas de *Actividad Experimental* que estén identificadas en celda de la esquina superior derecha de cada cuadro con los códigos:

1. **SR (sensor resistivo)**
2. **SI (sensor integrado)**
3. **X (ningún sensor) o**
4. **Mic. Ext. (micrófono externo)**

Para un nivel superior puede trabajarse (respetando las precauciones) con los identificados por el código:

5. **SV (sensor voltaje)**
6. **SR USB**

2. Todas las programaciones pueden descargarse de:  
<https://sites.google.com/site/solyamar1fisica/programas-tb>

## a. **VOLTAJE**

### **Voltaje AC**

#### **Introducción:**

La entrada de micrófono externo de XO permite la lectura de voltajes alternos AC de valores muy pequeños, en el orden de **algunos mili volts**. En el caso de señales periódicas, estos valores pueden registrarse mediante la Actividad *Medir*; con ella se podrá:

1. capturar el oscilograma producido al leer una señal dada trabajando en *base tiempo*. Identificar (en forma cualitativa) el tipo de señal mediante observación del oscilograma: señal sinusoidal, cuadrada, triangular, “batido” (suma de oscilaciones de frecuencias similares), etc. Determinar el período de la señal medida y calcular la frecuencia de la misma.
2. medir las frecuencias de las distintas componentes trabajando en *base frecuencia*.

#### **Rango de medida:**

**XO1:** De acuerdo a medidas realizadas, pueden medirse señales sinusoidales de voltaje eficaz 4.0 mV, lo cual corresponde a un voltaje máximo de unos 5.6 mV y un  $V_{pp}$  (voltaje “pico a pico”) en el orden de los **13 mV**. De acuerdo a esto, solamente se podrían medir señales muy pequeñas o bien utilizar divisores de tensión para medir señales de voltaje mayor.

#### **Frecuencia de muestreo:**

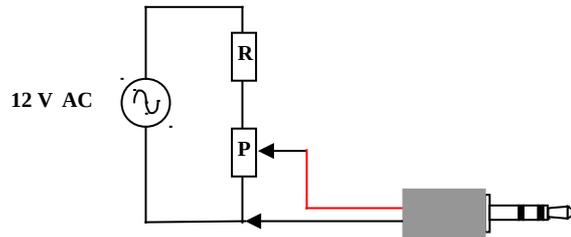
Según especificaciones técnicas, la frecuencia de muestreo de XO para la Actividad *Medir* está por encima de los 48 kHz, lo cual permitiría determinar (de acuerdo al teorema de muestreo de Nyquist) la frecuencia de señales con componentes con frecuencias máximas de unos 20 kHz.

Este tipo de señales también pueden registrarse mediante programaciones TB y el bloque sensor *sonido*. Sin embargo, la frecuencia de lectura en este caso no puede ser superior a unos 20 Hz (XO1) lo cual hace poco práctico su uso.

|  |                  |
|--|------------------|
| <p><b><u>Actividad experimental:</u></b></p> <p><b>01.La XO como osciloscopio: oscilograma de una señal AC 50 Hz</b></p>   | <p><b>SV</b></p> |
| <p><b><u>Nivel:</u></b></p> <p>Secundaria Superior (Bachillerato)</p>  |                  |
| <p><b><u>Objetivos:</u></b></p> <p>Medida de voltaje de una señal alterna (AC) 50 Hz.<br/>Análisis temporal.</p>   |                  |
| <p><b><u>Magnitud a medir por XO:</u></b></p> <p>Voltaje alterno (AC)</p>  |                  |
| <p><b><u>Tipo de medida:</u></b></p> <p>Directa</p>  |                  |
| <p><b><u>Actividad SUGAR:</u></b></p> <p>Medir versión 42 (en <i>base tiempo</i>)</p>  |                  |
| <p><b><u>Modelo de XO utilizado:</u></b></p> <p>XO1 (SKU5)</p>   |                  |
| <p><b><u>Sensor a utilizar:</u></b> (ninguno)</p> <p><b><u>Otros materiales:</u></b></p> <p>Cable de audio conectado a la entrada de micrófono externo de XO.<br/>Transformador 220/12 V. Resistor 820 kΩ. Potenciómetro 1.5 kΩ.</p> |                  |
| <p><b><u>Precauciones a tener en cuenta:</u></b></p> <p>Extremo cuidado: un voltaje fuera de rango puede dañar la XO en forma permanente. No trabaje midiendo voltajes en XO si no es usuario experimentado.</p>                     |                  |

Se medirá un voltaje alterno a partir de la salida (bobinado secundario o bien *secundario*) de un transformador 220V/12V conectado a la red domiciliaria (220 V AC/50 Hz).

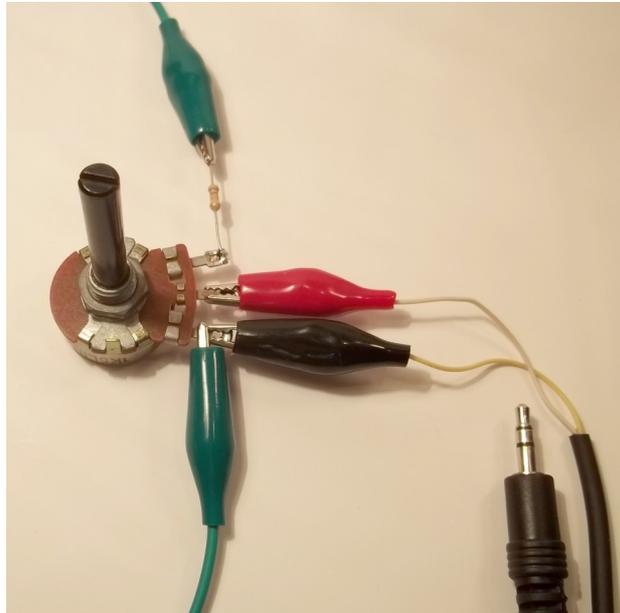
Como el rango de entrada de XO midiendo voltajes AC es del orden de los milivolts, se monta un divisor de tensión con un resistor fijo R (820 k $\Omega$ ) y un potenciómetro P (1.5 k $\Omega$ ), como muestra el esquema de circuito:



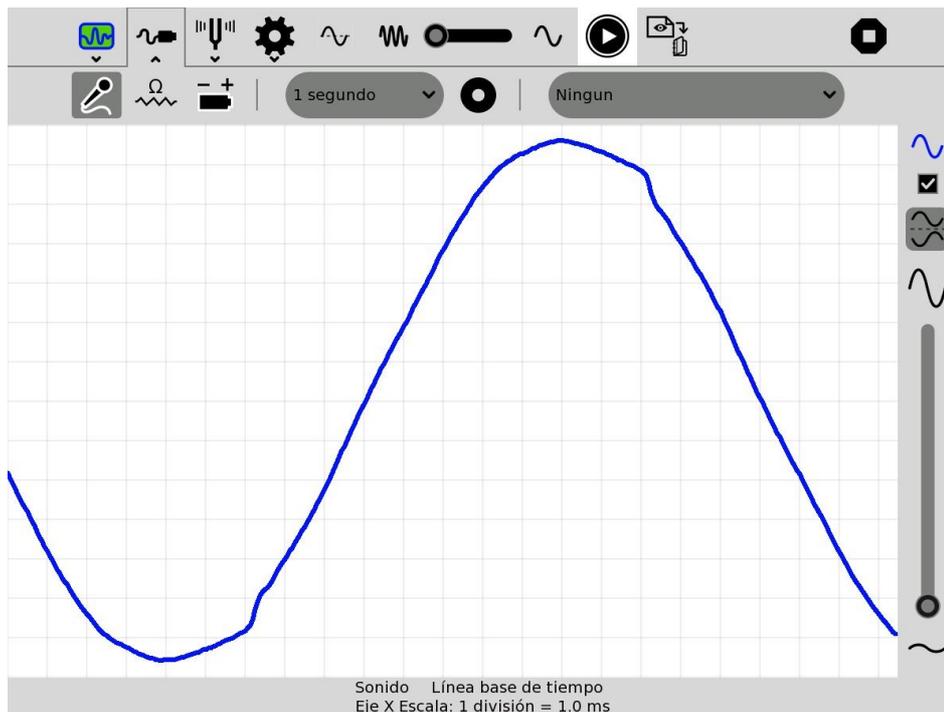
Por tratarse de un voltaje alterno, no hay que respetar polaridad alguna.

El circuito se muestra en la figura; los conductores unidos a las pinzas verdes están conectados al secundario del transformador (alimentación), mientras que los conectados a las pinzas roja y negra corresponden al cable de audio que se conecta a XO:

El procedimiento consiste en montar el circuito, colocar el cursor del potenciómetro de tal forma que el voltaje entre el terminal inferior y medio sea nulo y conectar el transformador a la red. Antes de conectar el cable de audio a XO conviene conectar un voltímetro AC a los terminales T y S del conector y girar la perilla del potenciómetro hasta que el voltaje alcance unos 3.0 mV. Una vez verificado esto se conecta el cable a la netbook y se ejecuta la Actividad Medir.



Por omisión la actividad se inicia en base tiempo. Se ajusta el control "tiempo por división" hasta que el oscilograma muestre una alternancia completa; ajuste el control "ganancia" y gire el eje del potenciómetro hasta obtener un despliegue óptimo en pantalla como muestra la figura (*negativo* de la captura de pantalla de la medida realizada):



Se puede apreciar (cualitativamente) que la señal medida se ajusta (con algunas alteraciones) a la función sinusoidal, lo cual era esperado.

Considerando que se eligió 1.0 ms por división, puede verificarse que el período de la misma comprende 20 divisiones, es decir,  $T = 20 \times 10^{-3}$  s. A partir de esto puede calcularse la frecuencia como:  $f = 1/T = 50$  Hz.

## Voltaje DC:

La medida de voltajes DC está documentada previamente. Su comprensión permite entender porqué pueden construirse *sensores* de otras magnitudes físicas *basados en voltaje* los cuales, mediante transductores, producen un voltaje DC que es función del valor de la magnitud física que se quiere medir.

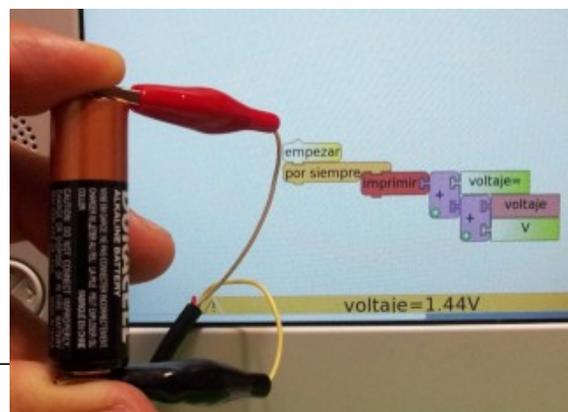
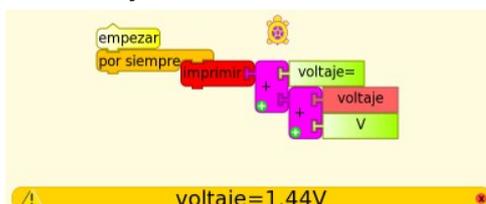
|   |           |
|---|-----------|
| <b>Actividad experimental:</b><br><br><b>02. Monitor de Voltaje</b>   | <b>SV</b> |
| <b>Nivel:</b> Primaria, Secundaria Básica   |           |
| <b>Objetivos:</b> Monitor de voltaje DC. Medida del voltaje entre terminales de una pila.   |           |
| <b>Magnitud a medir por XO:</b> Voltaje continuo (DC)   |           |
| <b>Tipo de medida:</b> Directa  |           |
| <b>Actividad SUGAR:</b> TB v.109  |           |
| <b>Modelo de XO utilizado:</b> XO1 (SKU5)   |           |
| <b>Sensor a utilizar:</b> (ninguno)   |           |
| <b>Otros materiales:</b><br>Cable de audio conectado a la entrada de micrófono externo de XO. Pila AA.  |           |
| <b>Precauciones a tener en cuenta:</b><br><b>Extremo cuidado: un voltaje fuera de rango o con polaridad invertida puede dañar la XO en forma permanente. No trabaje midiendo voltajes en XO si no es usuario experimentado.</b> |           |

Se necesitan únicamente el cable de audio, una pila AA, AAA, C o D comunes (carbón-zinc) o alcalinas. En todos los casos el voltaje nominal es de 1.5 V. Las medidas sobre los distintos “tamaños” de pila permiten introducir el concepto de voltaje unido a los de intensidad de corriente y potencia eléctrica.

Cuando las pilas son nuevas el voltaje es levemente superior (por encima de 1.6 V). Con el uso se obtienen valores menores.

Si se miden pilas recargables de Ni-MH el voltaje nominal es de 1.2 V.

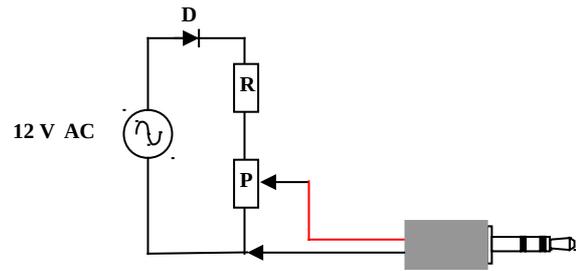
Se muestran abajo la programación ([monitor de voltaje.ta](http://monitor.de.voltaje.ta)), el esquema de circuito y una foto:



|   |  |
|---|--|
| <b>Actividad experimental:</b><br><br><b>03. La XO como osciloscopio: oscilograma del rectificado media onda de una señal AC 50</b> |  |
|---|--|

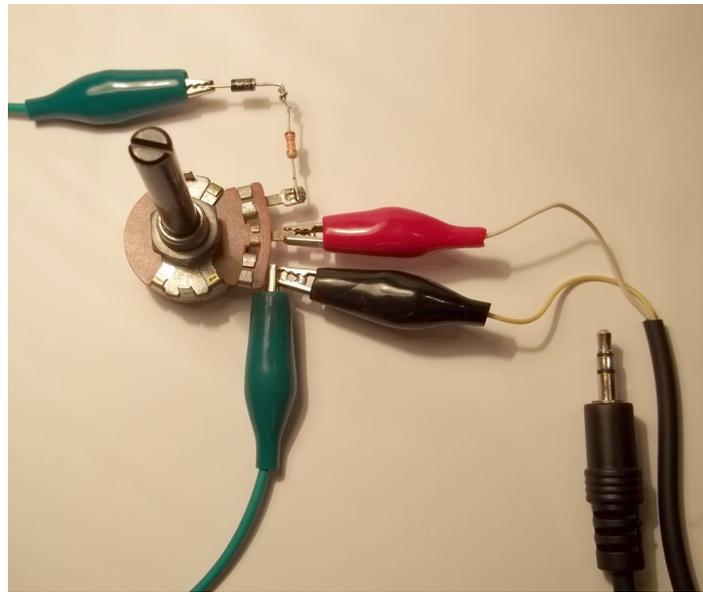
|  |  |
|--|--|
| <b>Hz</b>  |  |
| <b><u>Nivel:</u></b><br>Secundaria Superior (Bachillerato)   |  |
| <b><u>Objetivos:</u></b><br>Medida de voltaje de una señal continua pulsada (DC) resultado del rectificado media onda de una señal AC 50 Hz.<br><br>Análisis temporal.   |  |
| <b><u>Magnitud a medir por XO:</u></b><br>Voltaje continuo (DC)  |  |
| <b><u>Tipo de medida:</u></b><br>Directa   |  |
| <b><u>Actividad SUGAR:</u></b><br>Medir versión 42 (en <i>base tiempo</i> )  |  |
| <b><u>Modelo de XO utilizado:</u></b><br>XO1 (SKU5)  |  |
| <b><u>Sensor a utilizar:</u></b><br>(ninguno)<br><b><u>Otros materiales:</u></b><br>Cable de audio conectado a la entrada de micrófono externo de XO.<br>Transformador 220/12 V. Diodo 1N4007. Resistor 12 kΩ. Potenciómetro 1.5 kΩ. |  |
| <b><u>Precauciones a tener en cuenta:</u></b><br><br>Extremo cuidado: un voltaje fuera de rango o con polaridad invertida puede dañar la XO en forma permanente. No trabaje midiendo voltajes en XO si no es usuario experimentado.  |  |

Se monta el circuito de la figura en el cual el circuito serie formado por un diodo D 1N4007, un resistor fijo R (12 k $\Omega$ ) y un potenciómetro P (1.5 k $\Omega$ ) es alimentado por la salida del secundario de un transformador 220v/12V, como muestra el esquema de circuito:

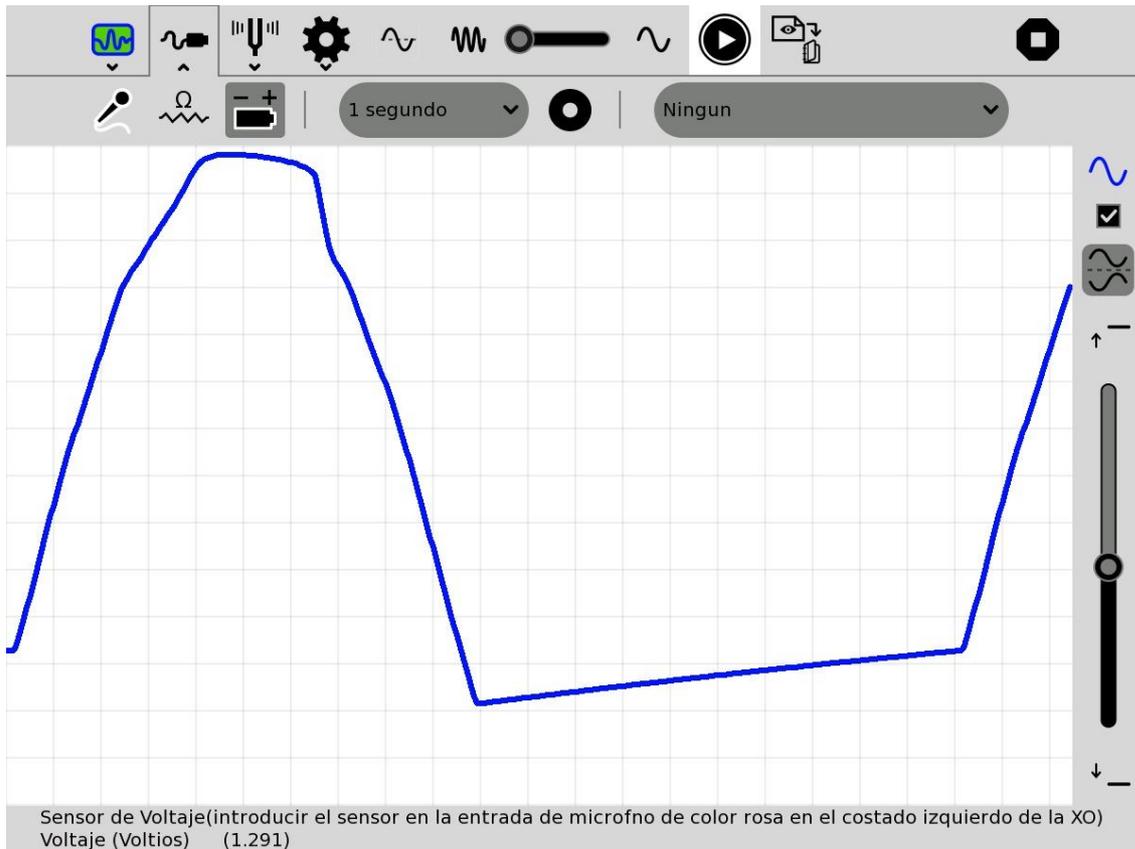


**Debe respetarse la polaridad al conectar el cable de audio al potenciómetro.**

El circuito se muestra en la figura: los conductores unidos a las pinzas verdes están conectados al secundario del transformador (alimentación), mientras que los conectados a las pinzas roja y negra corresponden al cable de audio que se conecta a XO:



Cuando se produce una alternancia positiva (terminal superior de la fuente +, terminal inferior -) en el circuito serie se establece una intensidad de corriente en sentido horario, mientras que para la alternancia negativa (terminal superior de la fuente -, terminal inferior +) no circula corriente eléctrica debido al diodo D. Para registrar esto se ejecuta la Actividad Medir en modo *sensor de voltaje*, en base de tiempo 1 ms por división, obteniéndose el oscilograma de la figura:



Para obtener el mismo desplegado en forma óptima en la pantalla, comenzamos colocando la perilla del potenciómetro P de forma tal que su salida sea 0V y girando luego hasta obtener la Amplitud deseada.

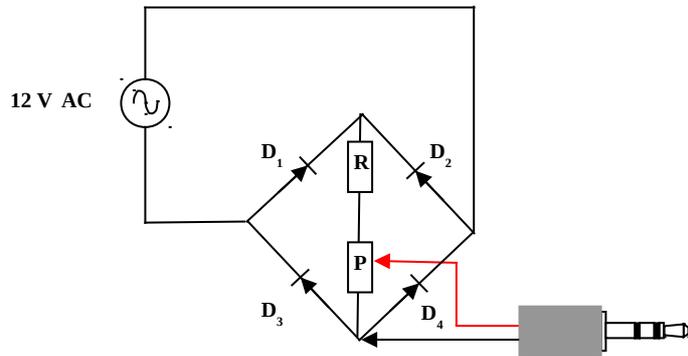
Puede apreciarse en el oscilograma que, prácticamente, aparece tensión en el potenciómetro durante 10 ms para luego anularse durante los siguientes 10 ms y así sucesivamente, evidenciando la *rectificación media onda* de la señal original de período  $T= 20$  ms. Cabe aclarar que el diodo no es un rectificador ideal (aquellos que tendrían resistencia nula en conexión directa y resistencia infinita en conexión inversa), por lo cual existe cierta caída de potencial entre sus extremos la cual produce los resultados mostrados.

|   |                  |
|---|------------------|
| <p><b><u>Actividad experimental:</u></b></p> <p><b>04.La XO como osciloscopio: oscilograma de la rectificación completa de una señal AC 50 Hz</b></p>   | <p><b>SV</b></p> |
| <p><b><u>Nivel:</u></b></p> <p>Secundaria Superior (Bachillerato)</p>   |                  |
| <p><b><u>Objetivos:</u></b></p> <p>Medida de voltaje de una señal continua pulsada (DC) resultado de la rectificación completa de una señal AC 50 Hz.</p>   |                  |
| <p><b><u>Magnitud a medir por XO:</u></b></p> <p>Voltaje continuo (DC)</p>  |                  |
| <p><b><u>Tipo de medida:</u></b></p> <p>Directa</p>   |                  |
| <p><b><u>Actividad SUGAR:</u></b></p> <p>Medir versión 42 (en <i>base tiempo</i>)</p>   |                  |
| <p><b><u>Modelo de XO utilizado:</u></b></p> <p>XO1 (SKU5)</p>  |                  |
| <p><b><u>Sensor a utilizar:</u></b></p> <p>(ninguno).</p> <p><b><u>Otros materiales:</u></b></p> <p>Cable de audio conectado a la entrada de micrófono externo de XO.<br/> Transformador 220/12 V. 4 Diodos 1N4007. Resistor 12 kΩ. Potenciómetro 1.5 kΩ.</p> |                  |
| <p><b><u>Precauciones a tener en cuenta:</u></b></p> <p>Extremo cuidado: un voltaje fuera de rango o con polaridad invertida puede dañar la XO en forma permanente. No trabaje midiendo voltajes en XO si no es usuario experimentado.</p>                    |                  |

Se puede obtener una señal de voltaje continuo a partir de una señal de voltaje alterno mediante un conjunto de etapas donde la fundamental se conoce como *rectificación completa*. Para ello debe montarse un circuito conocido como *punto de rectificación completa* o *punto de Graetz* utilizando cuatro diodos montados como lados de un cuadrado; la señal alterna se conecta en ciertos dos de sus vértices opuestos y en los restantes se obtiene una señal de voltaje variable pero de polaridad única (DC pulsante). El esquema de circuito se muestra en la figura, donde el puente de 4 diodos 1N4007 se conecta a la salida del secundario de un transformador 220V/12V y a los vértices restantes del cuadrado se conecta la serie de un resistor fijo R (12 kΩ) y un potenciómetro P (1.5 kΩ):

Debe respetarse la polaridad al conectar el cable de audio al potenciómetro.

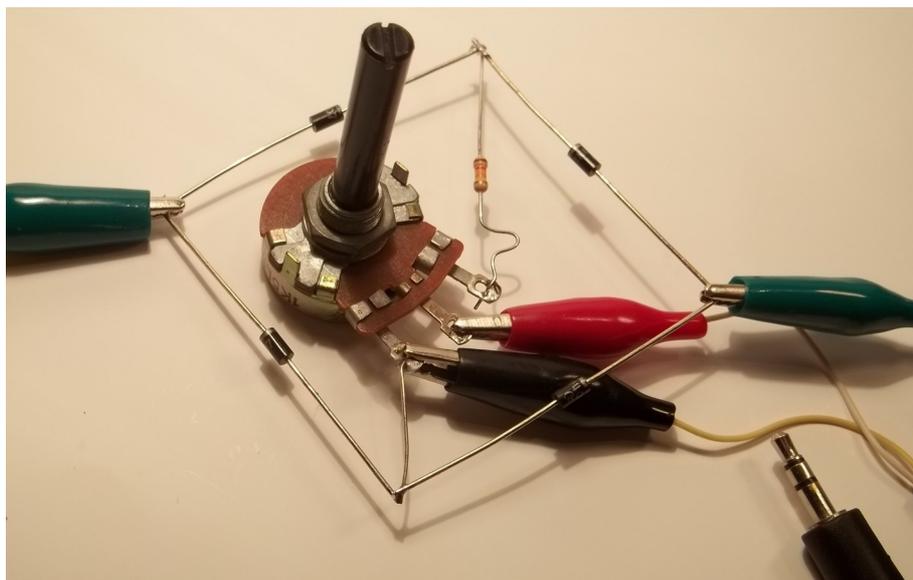
Se puede analizar el funcionamiento del puente formado por los diodos D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>, D<sub>3</sub> y D<sub>4</sub> como sigue:



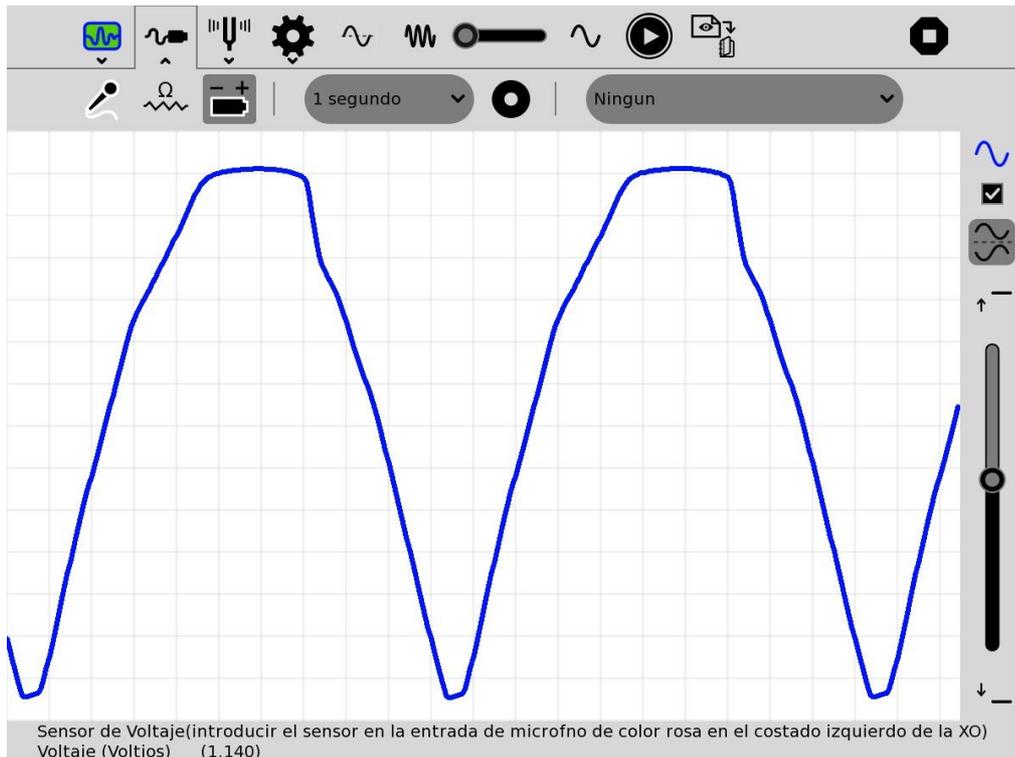
- Cuando se produce una alternancia positiva (terminal superior de la fuente +, terminal inferior -) en el circuito se establece una intensidad de corriente en sentido horario *fuentes (terminal sup.)-D<sub>2</sub>-R-P-D<sub>3</sub>-fuentes (terminal inf.)*,
- mientras que para la alternancia negativa (terminal superior de la fuente -, terminal inferior +) en el circuito se establece una intensidad de corriente en sentido antihorario *fuentes (terminal inf.)-D<sub>1</sub>-R-P-D<sub>4</sub>-fuentes (terminal sup.)*.

En ambas alternancias, la polaridad del extremo superior de la serie R/P es positivo y la de su extremo inferior negativo, circulando la corriente siempre en sentido único (hacia abajo en el dibujo), lo cual configura una señal DC.

El circuito se muestra en la figura: los conductores unidos a las pinzas verdes están conectados al secundario del transformador (alimentación), mientras que los conectados a las pinzas roja y negra corresponden al cable de audio que se conecta a XO:



Para registrar esto se ejecuta la Actividad Medir en modo *sensor de voltaje*, en base de tiempo 1 ms por división, obteniéndose el oscilograma de la figura:



### Rectificación y filtrado RC:

Puede conectarse un capacitor en paralelo a la serie Pote/Resistor y obtener el oscilograma del puente de rectificación completa con filtrado. Conectando capacitores de distintos valores de capacitancia, puede estudiarse la influencia de esta característica del componente en el nivel de filtrado obtenido.

|  |                  |
|--|------------------|
| <p><b><u>Actividad experimental:</u></b></p> <p><b>05.Descarga de un Capacitor a través de un Resistor: Tabla tiempo/Voltaje</b></p>   | <p><b>SV</b></p> |
| <p><b><u>Nivel:</u></b></p> <p>Secundaria Superior (Bachillerato)</p>  |                  |
| <p><b><u>Objetivos:</u></b></p> <p>Tabulado de tiempo/Voltaje para una descarga RC con nivel de disparo (o <i>trigger</i>).</p>  |                  |
| <p><b><u>Magnitud a medir por XO:</u></b></p> <p>Voltaje continuo (DC)</p>   |                  |
| <p><b><u>Tipo de medida:</u></b></p> <p>Directa</p>  |                  |
| <p><b><u>Actividad SUGAR:</u></b></p> <p>TB v.109</p>  |                  |
| <p><b><u>Modelo de XO utilizado:</u></b></p> <p>XO1 (SKU5)</p>   |                  |
| <p><b><u>Sensor a utilizar:</u></b><br/>(ninguno).</p> <p><b><u>Otros materiales:</u></b></p> <p>Cable de audio conectado a la entrada de micrófono externo de XO.<br/>Capacitor electrolítico de 1000 <math>\mu</math>F. Resistor de 6800 <math>\Omega</math>. Pila AA.</p> |                  |
| <p><b><u>Precauciones a tener en cuenta:</u></b></p> <p>Extremo cuidado: un voltaje fuera de rango o con polaridad invertida puede dañar la XO en forma permanente. No trabaje midiendo voltajes en XO si no es usuario experimentado.</p>                                   |                  |

Esta aplicación refiere a un práctico de Laboratorio de Física clásico en el cual se estudia la descarga de un Capacitor electrolítico a través de un Resistor. El circuito utilizado consiste en un capacitor electrolítico de 1000  $\mu\text{F}$  que se monta en paralelo a un Resistor de 6800  $\Omega$  y el conjunto se conecta a una pila AA. El terminal negativo es fijo y el positivo debe poder desconectarse: en el esquema de circuito se indica un interruptor pulsador Normal Abierto (NA en español o NO por su sigla en inglés) utilizado para ello.

Se muestra el esquema de circuito y la imagen:

NA

R C

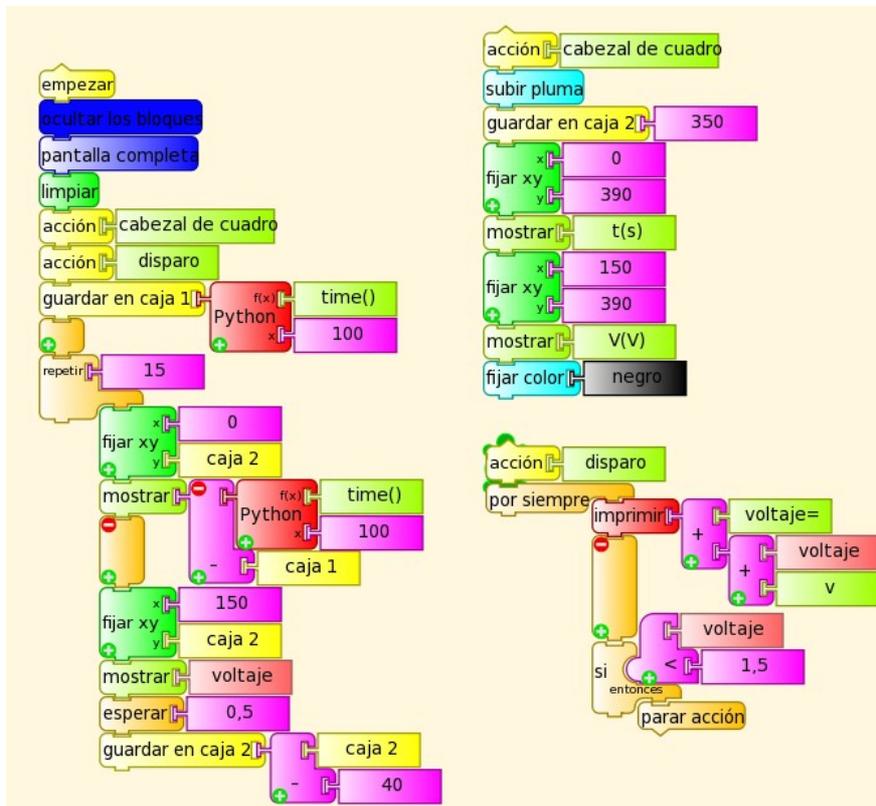


Cuando se deshace el contacto con el terminal positivo de la pila el Capacitor comienza a descargarse a través del Resistor.

El programa TB (Tabla RC .ta) monitorea el voltaje en forma permanente y cuando el mismo toma valores menores a 1.5 V (nivel de disparo o *trigger*) dispara la construcción de la tabla de valores *tiempo/Voltaje*. Esto se programa mediante la acción disparo.

Se muestran 15 pares de valores:

XO1  
entre  
1.9 V, y



Como  
mide  
0.40 y  
la

constante de tiempo del par seleccionado  $RC = 6.8 \text{ s}$ , se decidió que las medidas se

realicen cada 0.5 s (aproximadamente), lo cual se selecciona con el *bloque esperar 0.5*. Para seleccionar otra frecuencia de muestreo debe modificarse este valor.

En la base de la pantalla se muestra el voltaje medido hasta el disparo.

Se muestra una tabla adquirida como ejemplo:

Puede verse en el ejemplo que la adquisición no se produce a intervalos regulares de tiempo (no es isócrona), lo cual se debe a que las programaciones TB son “máscaras gráficas” de comandos Python, un lenguaje interpretado. Para aplicaciones avanzadas podría crearse, por ejemplo, una “Actividad Descarga RC” lo cual está descrito en el manual CHUAS en la página web de ceiballAM!.

| t(s) | V(V) |
|------|------|
| 0.01 | 1.49 |
| 0.55 | 1.37 |
| 1.1  | 1.25 |
| 1.65 | 1.15 |
| 2.19 | 1.06 |
| 2.74 | 0.97 |
| 3.29 | 0.9  |
| 3.83 | 0.82 |
| 4.38 | 0.76 |
| 4.92 | 0.7  |
| 5.48 | 0.64 |
| 6.02 | 0.59 |
| 6.57 | 0.55 |
| 7.12 | 0.5  |
| 7.66 | 0.46 |

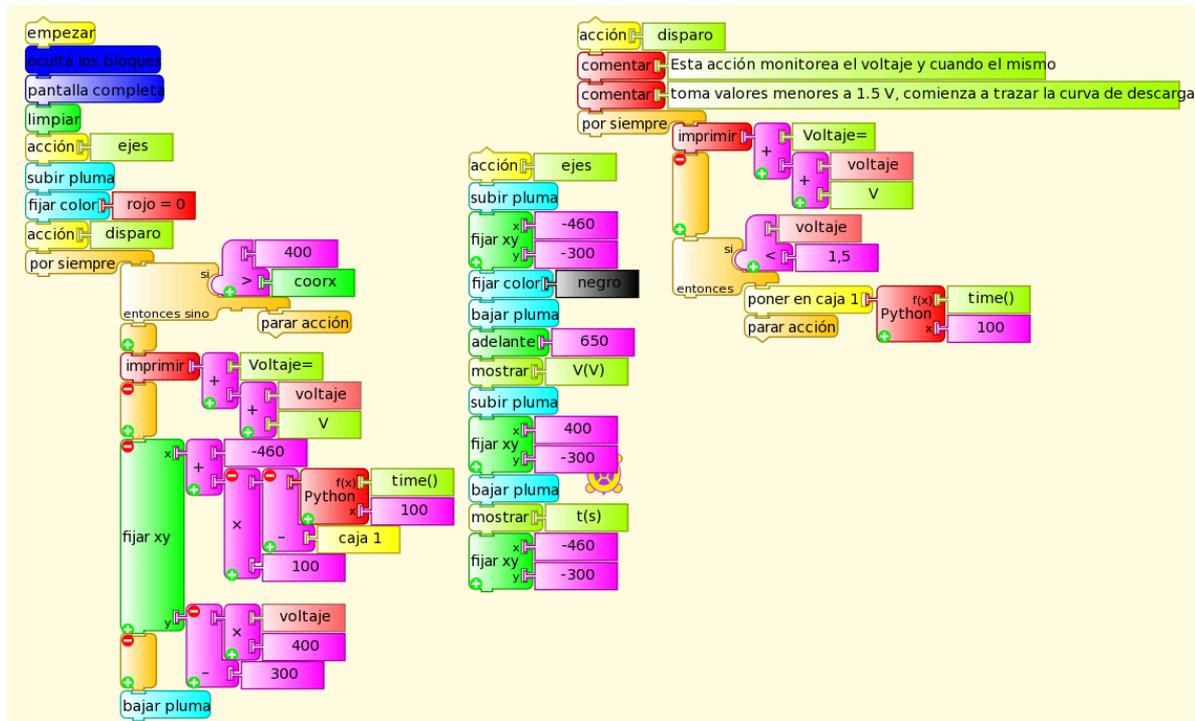
Cabe aclarar que para el cálculo de la capacitancia del Capacitor en un primer nivel (básico) de análisis, puede considerarse XO1 como voltímetro ideal (resistencia interna infinita) y para profundizaciones incluir el valor real (finito).

|   |                  |
|---|------------------|
| <p><b><u>Actividad experimental:</u></b></p> <p><b>06.Descarga de un Capacitor a través de un Resistor: Gráfica <math>V = f(t)</math></b></p>   | <p><b>SV</b></p> |
| <p><b><u>Nivel:</u></b></p> <p>Secundaria Superior (Bachillerato)</p>   |                  |
| <p><b><u>Objetivos:</u></b></p> <p>Gráfica de Voltaje en función del tiempo correspondiente a la descarga RC con nivel de disparo (o <i>trigger</i>).</p>   |                  |
| <p><b><u>Magnitud a medir por XO:</u></b></p> <p>Voltaje continuo (DC)</p>  |                  |
| <p><b><u>Tipo de medida:</u></b></p> <p>Directa</p>   |                  |
| <p><b><u>Actividad SUGAR:</u></b></p> <p>TB v.109</p>   |                  |
| <p><b><u>Modelo de XO utilizado:</u></b></p> <p>XO1 (SKU5)</p>  |                  |
| <p><b><u>Sensor a utilizar:</u></b></p> <p>(ninguno).</p> <p><b><u>Otros materiales:</u></b></p> <p>Cable de audio conectado a la entrada de micrófono externo de XO.<br/>Capacitor electrolítico de 1000 <math>\mu</math>F. Resistor de 6800 <math>\Omega</math>. Pila AA.</p> |                  |
| <p><b><u>Precauciones a tener en cuenta:</u></b></p> <p>Extremo cuidado: un voltaje fuera de rango o con polaridad invertida puede dañar la XO en forma permanente. No trabaje midiendo voltajes en XO si no es usuario experimentado.</p>                                      |                  |

Esta programación TB ([gráfica V\(V\) t \(s\).ta](#)) complementa la actividad anterior “Descarga de un Capacitor a través de un Resistor: Tabla tiempo/Voltaje”. Se utiliza el mismo montaje RC.

Se construye el gráfico  $V = f(t)$  correspondiente a la descarga RC a partir del instante para el cual el voltaje cae por debajo de 1.5 V (nivel de disparo o *trigger*). En la base de la pantalla se muestra el voltaje medido.

La escala en el eje y se elige de tal forma que los valores grafiquen entre 1.5 V y 0.40 V:



## b. Intensidad de corriente eléctrica DC

De acuerdo a la ley de Ohm, para medir intensidades de corriente eléctrica **I** con XO puede conectarse un resistor de resistencia **R** en serie en el circuito y midiendo el voltaje **V** entre sus terminales calcular el valor buscado mediante:  
 $I=V/R$

El rango de intensidades a medir estará determinado por el rango de voltajes de XO y la resistencia del resistor seleccionado.

### Por ejemplo:

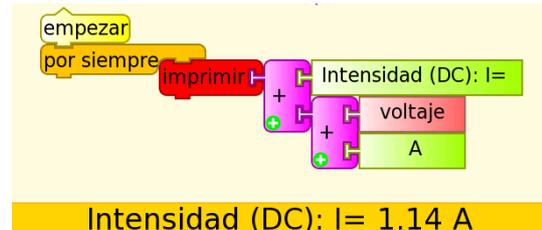
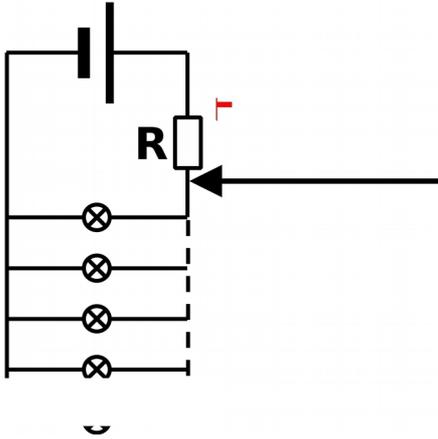
Si se utiliza un resistor de  $1.0 \Omega$  y se trabaja con XO1 (rango 0.40 a 1.9 V) se podrán medir intensidades en el rango 0.40 A a 1.9 A. Deberá tenerse en cuenta al seleccionar el resistor la potencia máxima que disipará mediante:  $P_{\text{máx}} = (V_{\text{máx}})^2/R$ , valor que en este caso es 3.6 W. En consecuencia deberá utilizarse un resistor de  $1.0 \Omega$  y 5 W o potencia superior. Como la intensidad se calcula a partir de medidas de voltaje, debe atenderse la precaución:

**Extremo cuidado: un voltaje fuera de rango o de polaridad invertida puede dañar la XO en forma permanente. No trabaje midiendo voltajes en XO si no es usuario experimentado.**

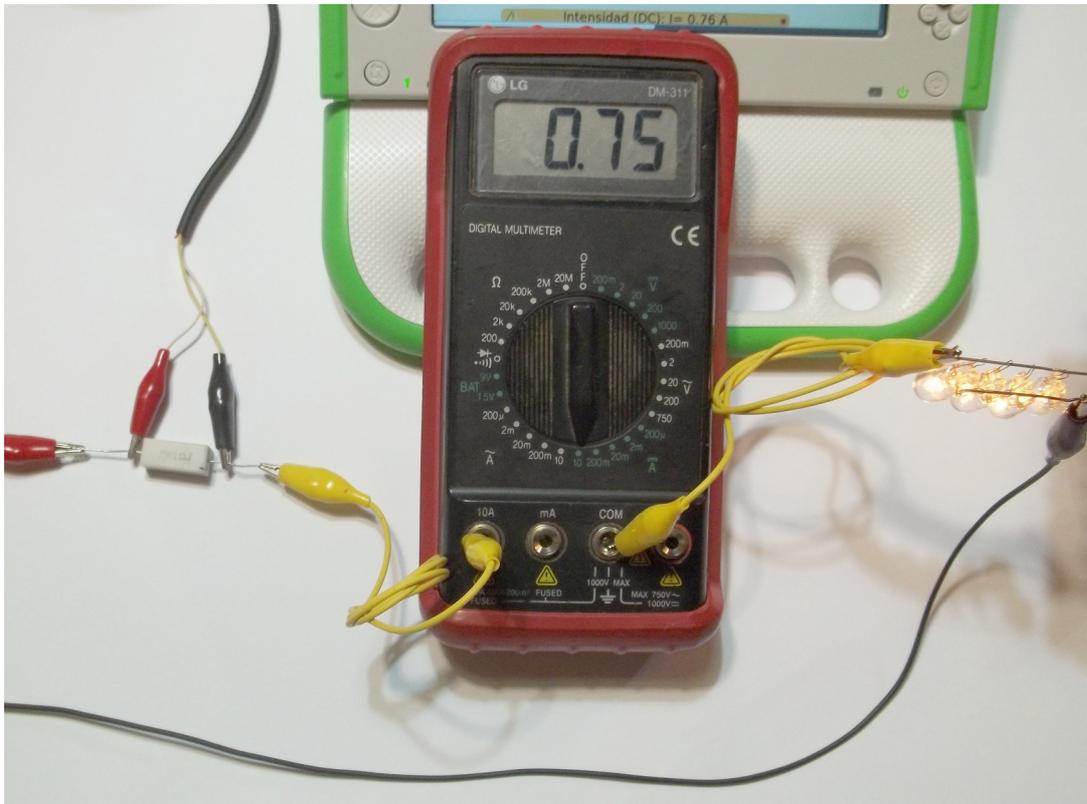
|   |                  |
|---|------------------|
| <p><b>Actividad experimental:</b></p> <p><b>07.XO como amperímetro DC</b></p>   | <p><b>SV</b></p> |
| <p><b>Nivel:</b></p> <p>Secundaria Superior (Bachillerato)</p>  |                  |
| <p><b>Objetivos:</b></p> <p>XO como monitor de intensidad de corriente eléctrica DC</p>   |                  |
| <p><b>Magnitud a medir por XO:</b></p> <p>Intensidad de corriente DC</p>  |                  |
| <p><b>Tipo de medida:</b></p> <p>Indirecta</p>  |                  |
| <p><b>Actividad SUGAR:</b></p> <p>TB v.109</p>  |                  |
| <p><b>Modelo de XO utilizado:</b></p> <p>XO1 (SKU5)</p>   |                  |
| <p><b>Sensor a utilizar:</b></p> <p><b>Otros materiales:</b></p> <p>Cable de audio conectado a la entrada de micrófono externo de XO.<br/>Resistor 1Ω 5W. Fuente de voltaje DC 12 V &amp; 2 A (máx.). 4 lámparas 12 V &amp; 5 W (máximo).</p> |                  |
| <p><b>Precauciones a tener en cuenta:</b></p> <p>Extremo cuidado: un voltaje fuera de rango o con polaridad invertida puede dañar la XO en forma permanente. No trabaje midiendo voltajes en XO si no es usuario experimentado.</p>           |                  |

Para utilizar XO1 como amperímetro en el rango 0.40 a 1.9 A utilizaremos un resistor de  $1\Omega$  5W montado en serie con el circuito a utilizar y mediremos el voltaje entre sus extremos; por lo cual el valor de la intensidad es numéricamente igual al voltaje medido.

Para ejecutar nuestra aplicación ([Amperímetro DC.ta](#)) utilizaremos una fuente de voltaje DC 12 V & 2 A (máx.) para alimentar un conjunto de 4 lámparas de 12V que se montarán en paralelo; pueden utilizarse 4 lámparas de auto 12 V & 5 W máximo. Se conecta en serie el resistor y XO1 midiendo el voltaje entre sus extremos (**¡Cuide la polaridad!**) como se muestra:



En la foto se muestra el montaje en paralelo de las 4 lámparas que cuelgan de dos alambres mediante sus terminales alimentadas por una fuente de voltaje (que no se muestra); al circuito se le agregó un tester digital como amperímetro para verificar el acuerdo entre ambos instrumentos de medida.



## 14.1 Resistencia óhmica

La medida de resistencia óhmica está documentada previamente. Su comprensión permite entender por qué pueden construirse *sensores resistivos* mediante transductores que modifican el valor de su resistencia en función del valor de la magnitud física que se quiere medir.

Esta capacidad puede aplicarse para utilizar XO como óhmetro y para generar juegos, divertimentos, alarmas, etc. como veremos a continuación. Se programarán como monitores de variación de resistencia entre los extremos “si/no”, correspondientes a “contacto/no contacto” entre los terminales del cable de audio.

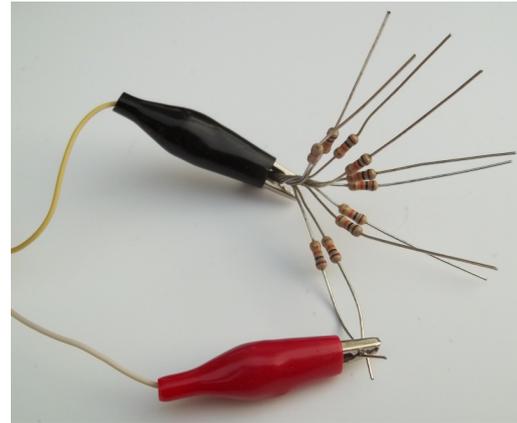
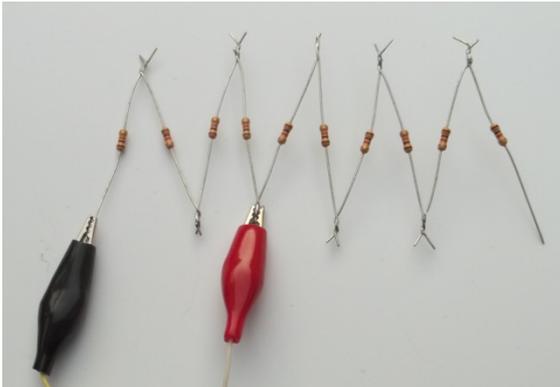
|   |   |
|---|---|
| <p><b>Actividad experimental:</b></p> <p><b>08.Asociación de N Resistores de igual resistencia en serie y en paralelo. Gráficas <math>R_{eq} = f(N)</math>. Resistencia equivalente.</b></p>                | <p style="font-size: 2em; color: green;">SR</p> |
| <p><b>Nivel:</b><br/>Primaria / Secundaria Básica (CB)</p>  |   |
| <p><b>Objetivos:</b></p> <p>Monitor de resistencia. Gráfica de Resistencia equivalente <math>R_{eq}</math> en función del número <b>N</b> de resistores (de igual valor) asociados en serie o paralelo.</p> |   |
| <p><b>Magnitud a medir por XO:</b><br/>Resistencia</p>  |   |
| <p><b>Tipo de medida:</b><br/>Directa</p>   |   |
| <p><b>Actividad SUGAR:</b><br/>TB v.109</p>   |   |

|  |  |
|--|--|
| <p><b>Modelo de XO utilizado:</b><br/>XO1 (SKU5)</p>   |  |
| <p><b>Sensor a utilizar:</b><br/>(ninguno).</p>  |  |
| <p><b>Otros materiales:</b><br/>Cable de audio conectado a la entrada de 10 Resistores de 1 kΩ. 10 Resistores de 1</p> |  |
| <p><b>Precauciones a tener en cuenta:</b><br/>(ninguna)</p>  |  |

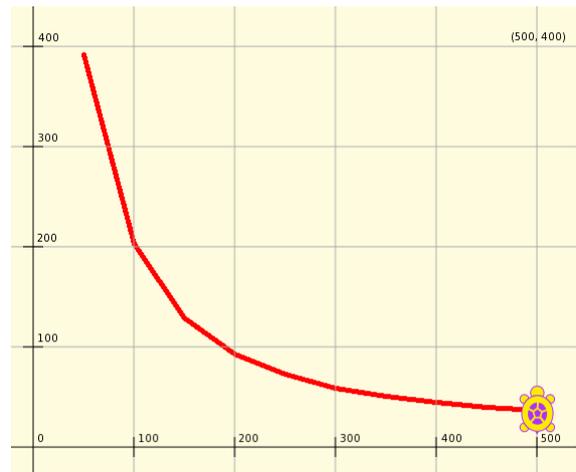
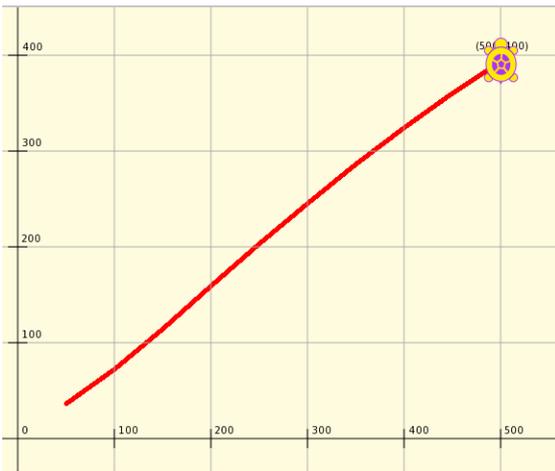
Esta aplicación ([asociación de R.ta](#)) introduce el concepto de Resistencia equivalente  $R_{eq}$  de un montaje de varios

resistores en serie o paralelo para el caso particular en el cual todos tienen igual valor de resistencia. Se muestra en pantalla la cantidad  $N$  de resistores asociados y el valor de la Resistencia equivalente. Se muestra la gráfica  $R_{eq} = f(N)$ . La cantidad  $N$  de repeticiones (distanciadas 5 segundos para manipular) se fija y las escalas de ambos ejes también para desplegar en forma óptima en pantalla el trazo del gráfico.

Se muestra la ejecución del programa para 10 resistores de 1 kΩ conectándose en serie (gráfica inferior izquierda) y para 10 resistores de 10 kΩ conectándose en paralelo (gráfica inferior derecha). Los valores en los ejes no se corresponden con las medidas. Se despliegan por omisión al ejecutar el bloque *Cartesiana*. En las fotos aparecen la serie de 4 resistores y el paralelo de 2:



**NOTA:** La programación óptima de esta



actividad sería el despliegue del valor de Resistencia  $R$  medido en función de la cantidad  $N$  introducida por teclado (no deducida en función del tiempo como se hace aquí), lo cual se deja librado a la inventiva del lector.

**Actividad experimental:**

**09. Juego de las coincidencias**

**SR**

**Nivel:**

Primaria / Secundaria Básica (CB)

**Objetivos:**

Montaje y programación TB del Juego que consiste en encontrar asociaciones entre pares *pregunta/respuesta* correctas

**Magnitud a medir por XO:**

Resistencia

**Tipo de medida:**

Directa

**Actividad SUGAR:**

TB v.109

**Modelo de XO utilizado:**

XO1 (SKU5)

**Sensor a utilizar:**

(ninguno).

**Otros materiales:**

Cable de audio conectado a la entrada de micrófono externo de XO.  
Placa con pares *pregunta/respuesta* cableado internamente.

**Precauciones a tener en cuenta:**

(ninguna)

Es una versión de un juego escolar clásico que consiste en encontrar las correspondencias entre un conjunto de preguntas y las repuestas correspondientes, o bien, de encontrarlas entre pares *figura/nombre*. La aplicación es sencilla: se trata de una programación que monitorea en forma permanente la resistencia entre los terminales del cable de audio y emite alguna señal cuando su valor cae bajo cierto umbral predefinido; en el caso general alcanza con que el valor medido muestre una variación lo cual indica que se encontró la coincidencia buscada.

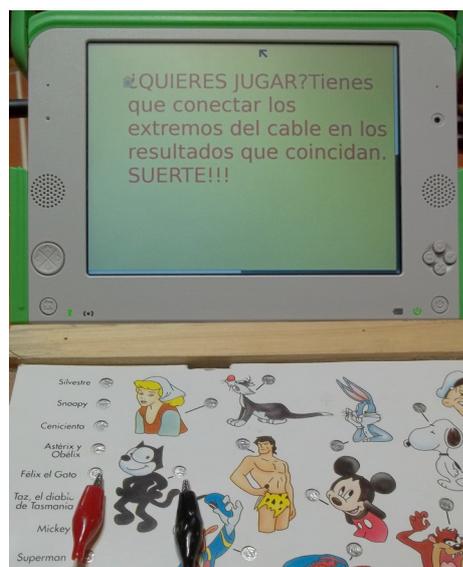
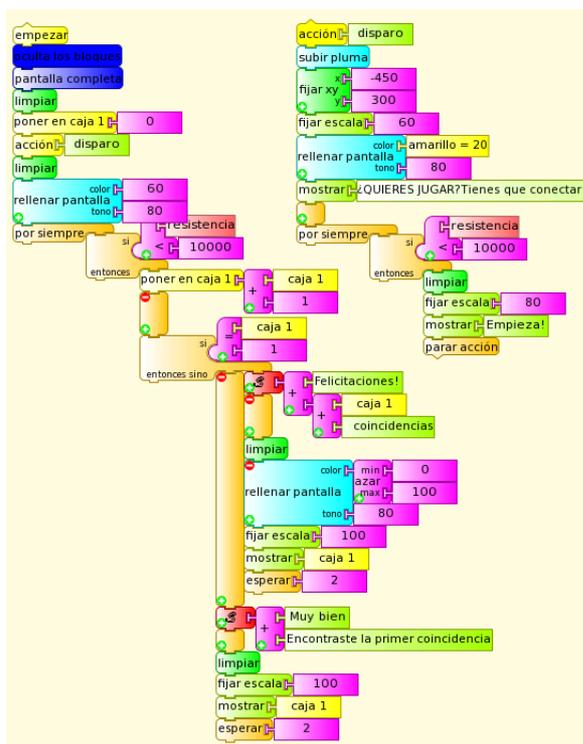
Debe prepararse una placa con *terminales conductores* ubicados junto a cada pregunta y respuesta o bien junto a cada *figura y nombre*; los *terminales* coincidentes deben estar conectados entre sí por un cable soldado a ellos y oculto por detrás o dentro del cuerpo de la placa. Como *terminales* pueden utilizarse tornillos, clavos o broches *mariposa*; debe tenerse la precaución de remover cualquier depósito aislante sobre ellos como grasa, polvo u óxido.

La programación TB ([Cerebrin.ta](http://Cerebrin.ta)) al ejecutarse despliega en pantalla el mensaje: “¿Quieres jugar? Tienes que conectar los extremos del cable en los resultados que coincidan. ¡SUERTE!”.

Al encontrar la primera coincidencia, cambia el color de fondo de la pantalla, muestra en pantalla el número “1” y emite el mensaje hablado: “Muy bien: encontraste la primer coincidencia”. En adelante, vuelve a cambiar el color de fondo en forma aleatoria, muestra el número N de coincidencias acumuladas y dice “Felicitaciones: N coincidencias”.

Es muy importante aclarar que el interés de los niños en el juego crece con el desafío al diseñar los pares coincidentes y lo atractivo de la presentación gráfica.

Podría modificarse el montaje para que se indique cuando se ha equivocado la opción, variante que dejamos librada a la creatividad del lector si lo desea.



corazón

|  |                     |                  |
|--|---------------------|------------------|
| <p><b>Actividad experimental:</b></p> <p><b>10.Alarma piro eléctrica</b></p> | <p>Cable oculto</p> | <p><b>SR</b></p> |
|--|---------------------|------------------|

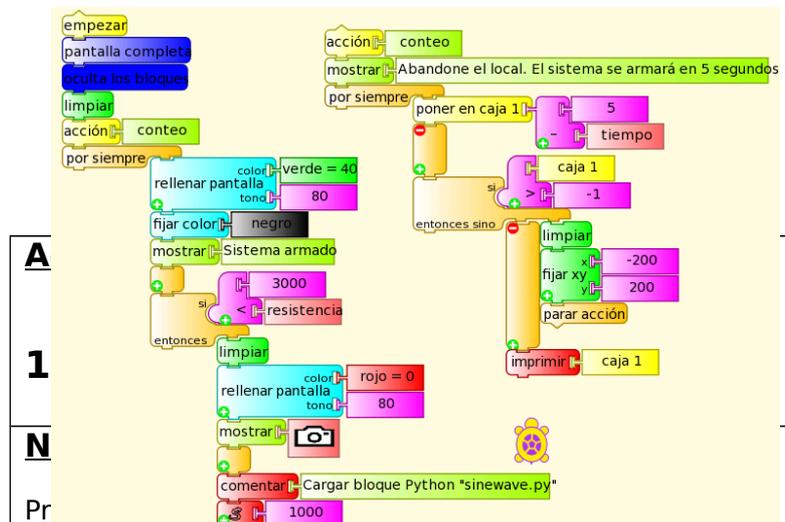
|  |  |
|--|--|
|  |  |
| <p><b><u>Nivel:</u></b></p> <p>Primaria / Secundaria Básica (CB)</p>   |  |
| <p><b><u>Objetivos:</u></b></p> <p>Montaje y programación TB una alarma que se dispara al activarse un sensor piro eléctrico</p>   |  |
| <p><b><u>Magnitud a medir por XO:</u></b></p> <p>Resistencia</p>   |  |
| <p><b><u>Tipo de medida:</u></b></p> <p>Directa</p>  |  |
| <p><b><u>Actividad SUGAR:</u></b></p> <p>TB v.109</p>  |  |
| <p><b><u>Modelo de XO utilizado:</u></b></p> <p>XO1 (SKU5)</p>   |  |
| <p><b><u>Sensor a utilizar:</u></b></p> <p>Sensor piro eléctrico</p> <p><b><u>Otros materiales:</u></b></p> <p>Cable de audio conectado a la entrada de micrófono externo de XO.</p> |  |
| <p><b><u>Precauciones a tener en cuenta:</u></b></p> <p>Debe observarse la polaridad de la batería y terminales al alimentar el sensor.</p>  |  |

La programación TB ([Alarma con foto JAM.ta](#)) consiste en un sistema de alarma que se activa cuando la resistencia entre los contactos del cable de audio toma valores superiores a cierto umbral predeterminado. El sistema demora 5 segundos en activarse lo cual se muestra en pantalla como un conteo regresivo simulando el caso real. En adelante, se monitorea en forma permanente la resistencia entre los terminales del cable de audio que, en este caso, es el mínimo valor (ya que hay contacto entre ellos). Cuando por alguna razón se abre el contacto, el aumento en la resistencia medida dispara la alarma: entonces se toma una foto mediante la cámara incorporada a XO y se emite un sonido de frecuencia 1000 Hz. Luego de transcurridos 5 segundos el sistema se arma nuevamente.

El detalle de nuestro montaje es el mecanismo mediante el cual se abre el contacto entre los terminales. Podrían utilizarse un par de contactos flexibles (resortes, flejes, etc.) que se pongan en contacto cuando se cierra la puerta de la casa (sistema activado) y cuando se abre la misma se separan y así se dispara la alarma; pero optamos por introducir un **sensor piro eléctrico**: el mismo consiste en un circuito electrónico basado en un sensor que monitorea la configuración de la radiación infrarroja que emiten los cuerpos a temperatura de la piel humana (o superior) que se encuentran frente a él: cuando se modifica la misma (por ejemplo al moverse un cuerpo frente al sensor), se abre el circuito por la desconexión del par de contactos que disparan la alarma. Si bien se trata de un circuito complejo su funcionamiento es sencillo: para trabajar debe ser alimentado por 9 a 12 V DC (dependiendo del modelo), voltaje que obtenemos conectándole una batería de 9V a los terminales correspondientes (**¡Cuide la polaridad al hacer las conexiones!**).

También podemos alimentarlo con el cargador de XO (como se verá más adelante).

Los terminales del cable de audio deben conectarse a los contactos de activación del sensor, los cuales se encuentran en posición Normal Cerrado (NC) cuando este no está activado; existen modelos que disponen de contactos Normal Abierto (NA en español o NO por su sigla en inglés) también. Se muestran el sensor con conexiones, el programa y la foto de ejemplo una vez activada la alarma:



Directa

**Actividad SUGAR:**

TB v.109

**Modelo de XO utilizado:**

XO1 (SKU5)

**Sensor a utilizar:**

**Versiones a y b:** Aro y alambre enhebrados conectados c/u a los terminales del cable de audio

**Versión c:** se incorporan 2 resistores y un interruptor NC

**Precauciones a tener en cuenta:**

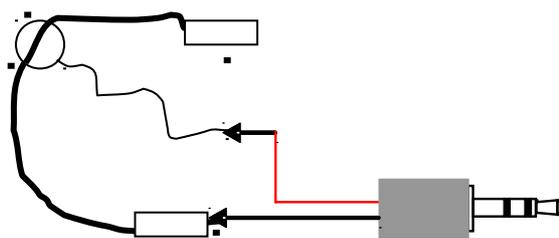
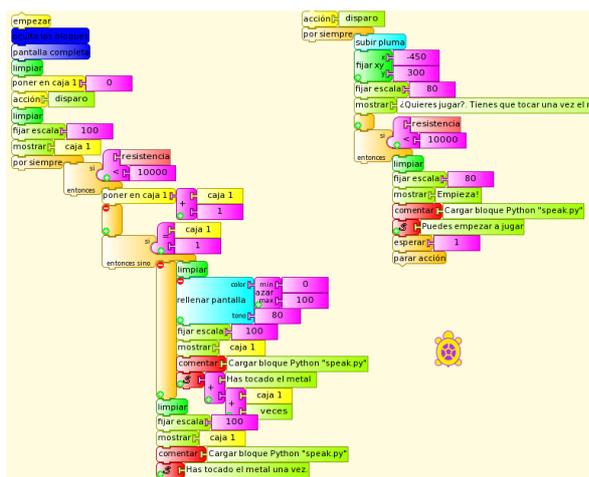
(ninguna)

Se trata de una versión de un juego clásico de destreza manual: un aro metálico enhebrado en un alambre debe desplazarse desde un extremo al otro del mismo sin tocarlo, o bien, haciéndolo el mínimo de veces posible.

Se presentan tres niveles de complejidad creciente creadas a medida que se presentaba la aplicación en diversas exposiciones y Talleres: en cada una de ellas los niños reclamaban que el mismo otorgase un puntaje para jugadores que tocasen el metal la misma cantidad de veces pero habiendo invertido distintos tiempos para ello, que se distinguiese a quien tocó de quien no lo hizo, etc. A continuación se describen las variantes:

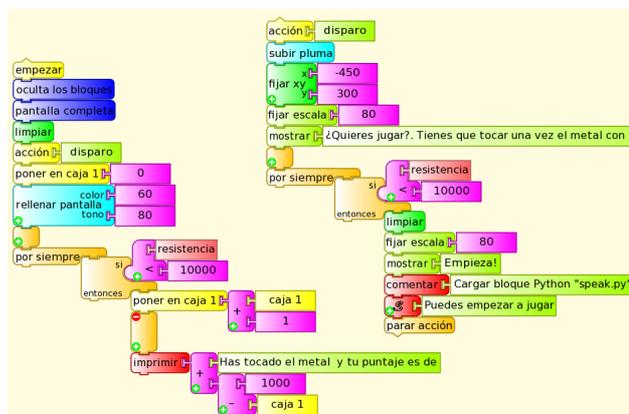
### Variante a:

Se trata de la programación ([juego del aro \(conteo\).ta](#)) más simple: el sensor consiste en un aro y un alambre conectados al cable de audio; debe mantenerse la aislación plástica en los extremos del alambre para evitar disparos permanentes. La programación invita a comenzar el juego tocando una vez los metales entre sí: entonces se monitorea la resistencia y cada vez que hay contacto se emite un mensaje hablado y se muestra en pantalla la cantidad de veces que hubo contacto. El color de fondo de pantalla varía en forma aleatoria con cada contacto.



### Variante b:

Se trata del mismo sensor pero esta programación ([juego del aro \(puntaje\).ta](#)) asigna un puntaje inicial de 1000 puntos el cual desciende en función del tiempo de contacto entre metales:



### Variante c:

En esta variante la programación TB ([juego del aro \(puls\).ta](#)) monitorea la resistencia a la entrada del micrófono. Para comenzar a jugar, debe tocarse el alambre una vez con el aro. De allí en adelante el programa avisa y muestra en pantalla cada vez que se toque nuevamente. Al llegar al extremo opuesto del alambre (fin del juego) debe pulsarse el interruptor pulsador NC: entonces el programa indica la cantidad de veces el jugador tocó los metales y se reinicia para

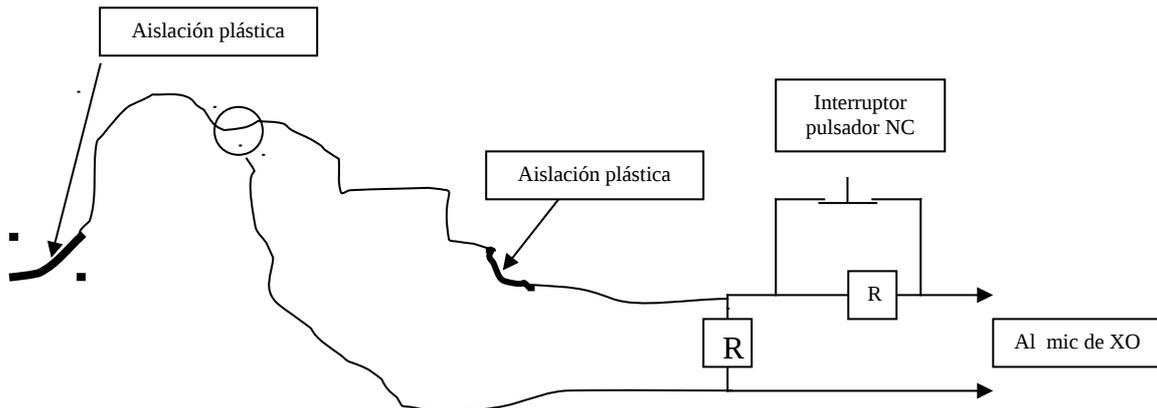
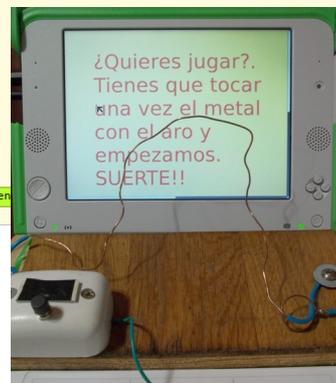
un nuevo juego. Si no hubo contacto entre metales, se muestra en pantalla el tiempo total invertido y se anima al jugador a repetir el juego y lograrlo en un intervalo menor.

Si hubo contacto se indica la cantidad de veces. Para montar el sensor se necesita:

- 1- Alambre y aro conductores (en este caso se utilizó cobre, pero conviene utilizar metales que no se oxiden al contacto con el ambiente)
- 2- 2 resistores 6k8 ohm (6800 ohm) 1/8 W
- 3- Interruptor pulsador Normal Cerrado (NC). Este tipo de pulsador mantiene el contacto entre los terminales mientras no se pulsa (al contrario de los comunes).

Puede ser sustituido por un interruptor común.

Se indica el circuito a continuación:

## 14.2 Posición lineal/angular

### I- Sensor resistivo (SR):

Un resistor cuyo valor de resistencia se puede ajustar entre 0 y un valor máximo con la posición lineal o angular de un cursor se conoce como *potenciómetro*. Es común encontrarlos en equipos de audio, receptores de radio y antiguos televisores como controles de volumen,



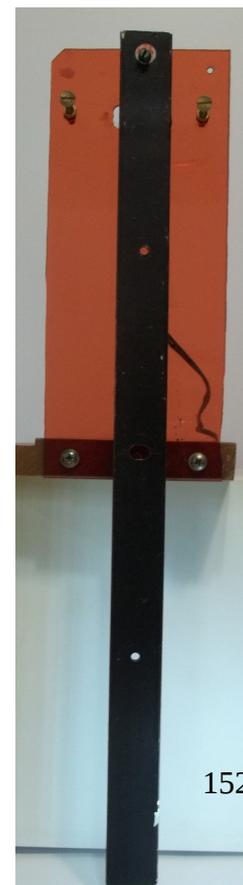
tono, etc. Por lo general se trata de componentes de tres terminales: los extremos coinciden con los del resistor-base y el tercero ubicado por lo general en una posición ubicada entre los anteriores corresponde al contacto que determina el valor de resistencia ajustada. Este valor se puede medir entre cualquiera de los extremos y este terminal medio.

Los valores por lo tanto varían entre 0 y el valor de resistencia máximo nominal. Si se trata de la variante *potenciómetros lineales*, la resistencia medida entre los terminales varía en forma proporcional a la posición (lineal o angular) que ocupe el cursor. De esta forma, el componente permitirá medir posiciones a través de la lectura de resistencia óhmica. Debe programarse el factor de calibrado que transforme el valor de resistencia medida en ohm en el de posición lineal en centímetros o angular en grados.

|   |                              |
|---|------------------------------|
| <p><b>Actividad experimental:</b></p> <p><b>12.Oscilaciones de un Péndulo físico: gráfica ángulo en función del tiempo (cualitativo)</b></p>  | <p><b>S</b><br/><b>R</b></p> |
| <p><b>Nivel:</b><br/>Primaria / Secundaria Básica (CB)</p>  |                              |
| <p><b>Objetivos:</b></p> <p>Despliegue en pantalla el gráfico <math>\theta = f(t)</math>, correspondiente a la posición angular <math>\theta</math> de una varilla oscilando en el plano vertical en función del tiempo.</p>  |                              |
| <p><b>Magnitud a medir por XO:</b><br/>Posición angular</p>   |                              |
| <p><b>Tipo de medida:</b><br/>Indirecta</p>   |                              |
| <p><b>Actividad SUGAR:</b></p> <p>TB v.109</p>  |                              |
| <p><b>Modelo de XO utilizado:</b></p> <p>XO1 (SKU5)</p>   |                              |
| <p><b>Sensor a utilizar:</b></p> <p>Potenciómetro de 10 k<math>\Omega</math> o 50 k<math>\Omega</math> (lineal).</p> <p><b>Otros materiales:</b></p> <p>Cable de audio conectado a la entrada de micrófono externo de XO.</p> |                              |
| <p><b>Precauciones a tener en cuenta:</b><br/>(ninguna)</p>   |                              |

Se monta un potenciómetro lineal de 50 k $\Omega$  en una placa acrílica vertical. Una varilla de aluminio se perfora en uno de sus extremos con diámetro coincidente con el del eje del pote de tal forma que pueda oscilar haciendo girar al mismo. El terminal central y uno de los extremos del pote se conectan al cable de audio y el dispositivo está pronto para registrar las oscilaciones de la varilla a través de las variaciones de la resistencia del pote a partir de las variaciones en las posiciones angulares del eje del mismo. Se colocan dos tornillos fijos al acrílico a los lados del extremo superior de la varilla para limitar su desplazamiento angular máximo y así proteger el pote contra daño mecánico.

Antes de medir debe determinarse el factor de calibración que convierte resistencia en posición angular (grados): para esto se mide la resistencia del pote con el eje ubicado en una posición cercana a un extremo, se gira el pote un ángulo

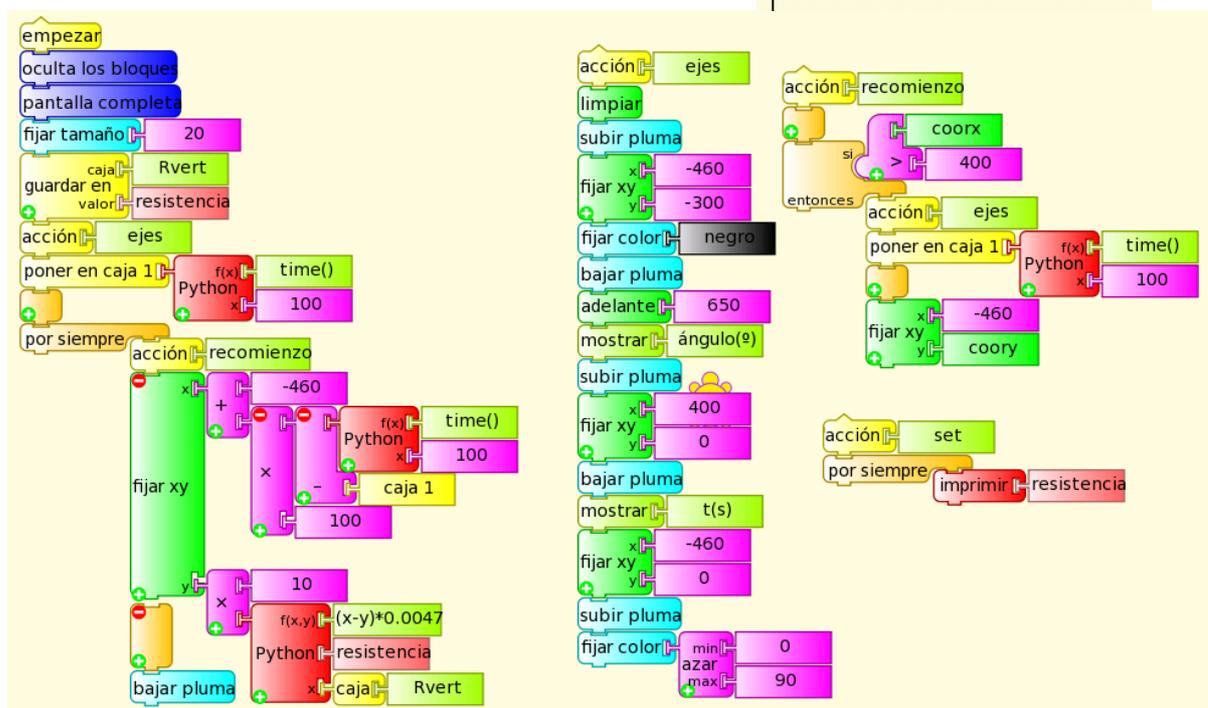
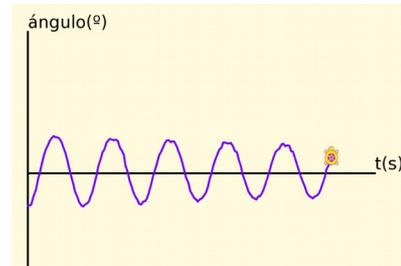


conocido, se mide la resistencia final y el cociente “ángulo barrido/variación de resistencia” es el factor de conversión: en nuestro caso es 0.0047 °/Ω. Como mediremos posiciones angulares con respecto a cierta posición vertical, deberemos leer este valor inicialmente (lo llamaremos  $R_{vertical}$ ) para luego calcular la posición angular  $\theta$  con la expresión:

$$\theta = 0.0047 * (R - R_{vertical})$$

Se ha incluido una acción set que permite monitorear los valores de resistencia para verificar que los extremos de la oscilación de la varilla se correspondan con resistencias que se encuentren dentro del rango de medida de XO (ya que de lo contrario se obtienen mesetas en la gráfica).

Se muestra la imagen del péndulo, la gráfica obtenida (con cierto ruido debido a que se trataba de un potenciómetro con mucho uso) y la programación (gráfica loop Péndulo.ta):



## II- Sensor voltaje (SV)

Puede utilizarse para medir distancias un sensor infrarrojo de distancias como el SHARP 2YOA21: con él puede medirse en el rango de 10 a 80 cm.

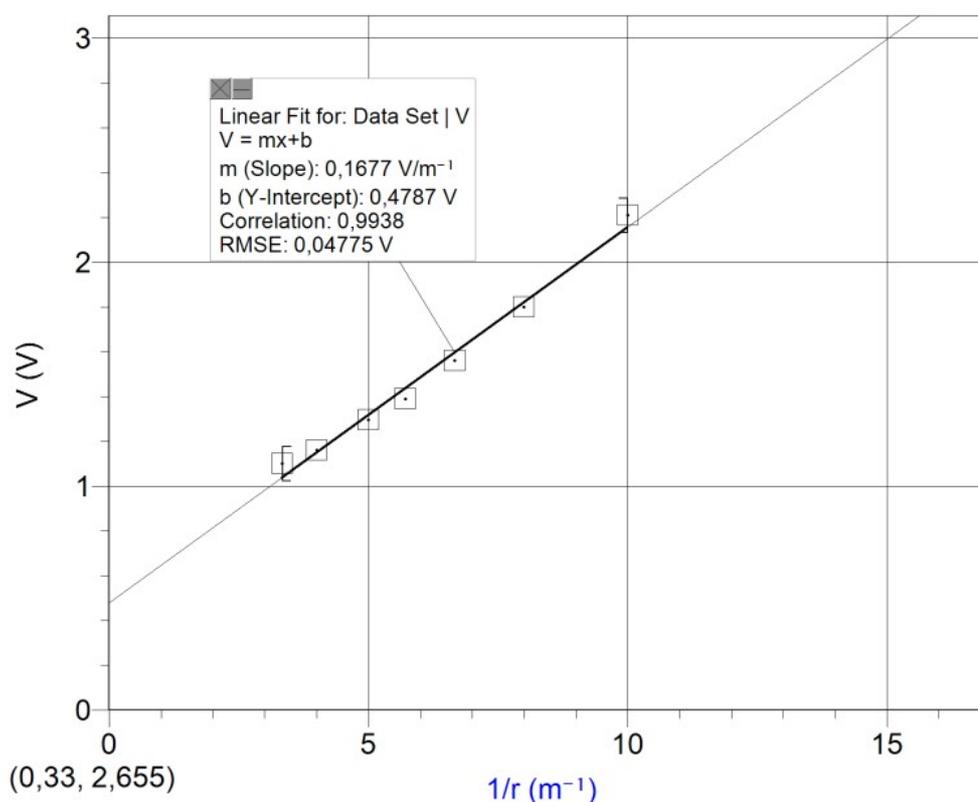
El sensor debe alimentarse con voltaje DC entre 4.5 y 5.5 V y produce un voltaje de salida vinculado al inverso de la distancia medida. El rango de medida del sensor se verá acotado por el de entrada de voltaje de la XO.

El sensor tiene tres terminales correspondientes a: señal (cable blanco), alimentación negativo (0 V negro) y alimentación  $V_+$  (5 V DC cable en rojo)



También se trata de un sensor integrado que debe ser alimentado, por ejemplo con los 5 V del USB, y atenderse la precaución:

**Extremo cuidado: un voltaje fuera de rango o de polaridad invertida puede dañar la XO en forma permanente. No trabaje midiendo voltajes en XO si no es usuario experimentado.**



La relación entre el Voltaje de salida del sensor y el inverso de la distancia se ajusta a la función lineal en forma aceptable.

Como el sensor no se consigue aún en plaza y su precio supera los U\$S 10 (máximo establecido como objetivo de este proyecto), se presenta su funcionamiento general pero no se han diseñado aplicaciones para él por estar fuera de los criterios del Proyecto.

### 14.3 Nivel de iluminación o Iluminancia:

Existen varias formas de detectar o medir los niveles de iluminación con XO.

1-(**SI** cámara) La primera de ellas (y la más simple) consiste en utilizar la cámara incorporada como *sensor de brillo* (no referido al concepto de la magnitud fotométrica **brillo**) programando en TB mediante la lectura del *bloque sensor brillo*.

Si bien la información técnica cita la posibilidad de deshabilitar todos los controles automáticos de la cámara para utilizarla como *fotómetro*, en la práctica (y hasta el momento) no se ha podido lograr por lo cual nos podrá servir únicamente para hacer lecturas cualitativas de la iluminancia. Al programar en TB podremos acceder a tomar un dato de brillo por segundo (TB v.130 en XO1), 4 o 5 datos por segundo (XO1.5) o más (XO1.75). La versión 109 de TB en XO1 no funciona correctamente con el sensor de brillo.

2-(**SV**) Otra forma de medir iluminancia es a través de la medida del voltaje generado por una celda fotovoltaica (como las que alimentan las calculadoras "solares"). Si el voltaje supera el rango de XO, se podrá montar un divisor de tensión ajustable con un potenciómetro, o uno fijo con un par de resistores adecuados.

3- (**SV**) Pueden utilizarse fotodiodos o fototransistores para estas medidas, pero para utilizarlos como sensores de luz necesitaríamos montar circuitos auxiliares que, si bien pueden ser sencillos, quedan fuera por los objetivos del proyecto.

4- (**SR**) Puede utilizarse un sensor resistivo, como un LDR (light dependent resistor) que varía su resistencia en función de la iluminancia. Es el que usaremos más frecuentemente. Deben considerarse para su uso sus características limitantes (tiempo de respuesta relativamente alto, curvas de sensibilidad en función de la longitud de onda, etc.).

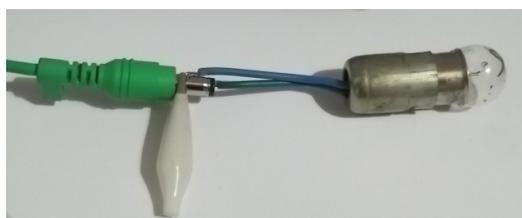
## I- CELDA FOTOVOLTAICA.

Una celda fotovoltaica es un dispositivo que produce voltaje continuo proporcional a la iluminancia. Es común encontrarlos en calculadoras "solares" (en realidad tienen alimentación a pila y solar), juguetes, o como elementos cargadores de linternas de led (como el que usaremos en las siguientes aplicaciones).

Por lo anterior, antes de comenzar a utilizarla, debemos identificar la polaridad eléctrica de los terminales. Para ello podemos seguir alguno de los siguientes procedimientos:



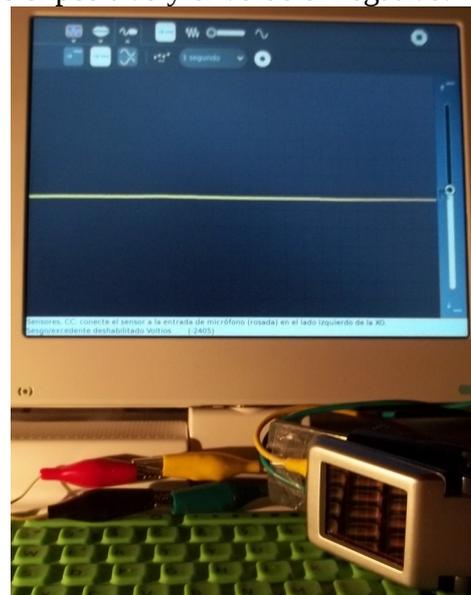
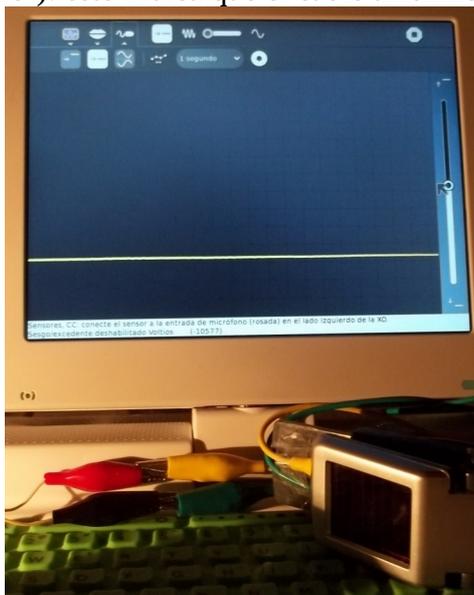
a. Debe iluminarse la celda con luz proveniente de una fuente luminosa de intensidad constante como el sol o una lámpara incandescente alimentada por DC. En este caso se utilizó una lámpara de 12V y 10W alimentada por el cargador de XO1 (12V y  $P_{m\acute{a}x} = 17W$ ):



Conecte los terminales de la celda a los de un tester midiendo voltaje DC: si aparece una lectura de valor positivo, los terminales de la celda tienen igual polaridad que los del tester (rojo+, negro-, si están conectados respectivamente a "V" y a "COM") y viceversa. En la foto se muestra el primer caso: el cable verde es el negativo y el amarillo el positivo.

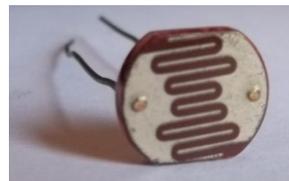


b. Debe iluminarse la celda con luz proveniente de una fuente luminosa de intensidad constante como la solar o una lámpara incandescente alimentada por DC. En ambos casos no debe iluminarse la celda en forma directa sino utilizar un reflejo difuso. Cubra la celda con un paño opaco y oscuro; conecte los terminales de la misma al cable de audio y éste a la entrada de micrófono externo de XO y ejecute la Actividad MEDIR, *sensor de voltaje*. Ajuste el control de ganancia deslizable (que aparece a la derecha de la pantalla) hasta que el trazo horizontal (cuya posición vertical indica el valor de voltaje DC medido) sea visible y se ubique al centro de la pantalla. Descubra la celda quitando lentamente el paño que la cubre y observando la posición del trazo en pantalla: si comienza a elevarse, la polaridad de los terminales coincide con la de los cocodrilos del cable de audio; si el trazo desciende, es opuesta. En las fotos se muestra la celda poco iluminada y más iluminada, y el trazo en ascenso (voltaje aumentando de valor): esto indica que el cable amarillo es el positivo y el verde el negativo.



## II- LDR (light dependent resistor).

Un LDR es un componente cuya resistencia depende de la iluminancia. Su sensibilidad depende de la longitud de onda de la luz incidente y su *tiempo de respuesta* es bajo, en el orden de la décima de segundo; es por esta característica que lo aplicaremos solamente a variaciones lentas de iluminancia. Podría utilizarse en aplicaciones como “foto puerta” (para determinaciones de velocidad media en cinemática) únicamente en aquellos casos en los cuales se midan intervalos de tiempo en el orden de segundos.



La relación funcional entre la iluminancia **I** y la resistencia **R** es *inversa*, lo cual indica que a mayor iluminancia corresponde menor resistencia y viceversa: un LDR típico muy iluminado tiene resistencias bajas del orden de los cientos de ohm y al oscurecerlo la resistencia se eleva a valores del orden del millón de ohm (MΩ).

El montaje del componente es directo, uniendo sus terminales a los del cable de audio: pueden utilizarse las pinzas de este último, utilizarse un dado de conexión o (preferentemente) soldarlos entre sí, teniendo la precaución de no someter el componente a exceso de temperatura porque puede dañarse. Como en todo sensor resistivo, no hay que observar polaridad. La foto del montaje y el esquema de circuito se muestran:

Para aplicaciones *cualitativas* del LDR como detector de niveles de iluminación podemos medir simplemente la resistencia **R** del mismo.

Para aplicaciones *cuantitativas* seguiremos el procedimiento de:

### Calibrado de LDR como sensor de luz

Si se desea medir la iluminancia **I** en sus unidades correspondientes (lux) para aplicaciones como *sensor de luz*, debemos proceder al *calibrado* del componente: el procedimiento consiste en obtener la función que traduzca el valor de Resistencia **R** en iluminancia **I**; para ello debemos colocar el LDR junto a un sensor de luz calibrado e iluminar ambos con una fuente luminosa de tal forma que el nivel de iluminación sobre ambos varíe, construyendo el gráfico Iluminancia en función de la Resistencia: **I = f(R)**.

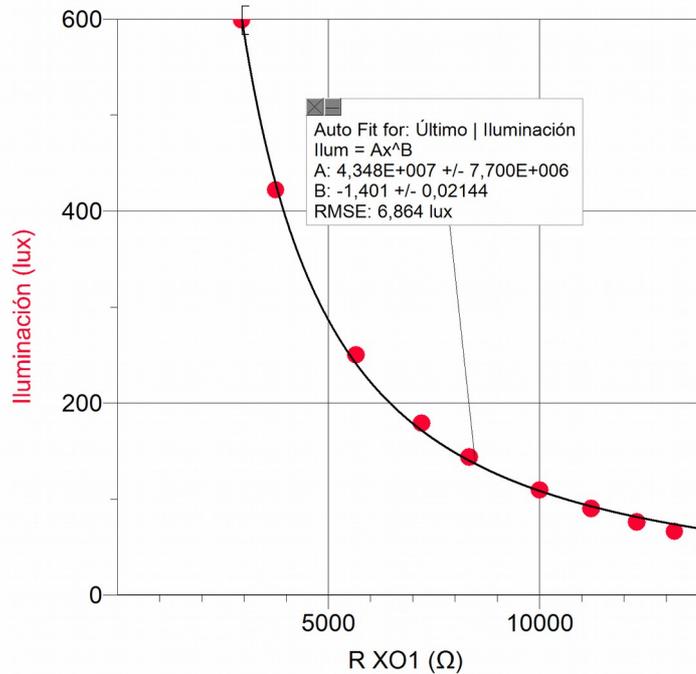
En este caso se utilizó el sensor de luz *light sensor* conectado a la interfaz *LabQuest Mini (Vernier)*. El software de control y análisis fue *LoggerPro* en su versión para Linux Ubuntu, ejecutándose en Magallanes MG2.

El LDR utilizado es modelo GL12537 elegido porque su resistencia variaba en el rango de medida de X01 para niveles de iluminación corrientes: solar e iluminación de un salón de clases.

La fuente de luz utilizada fue un foco de 12V y 18 W (autos y motos) alimentado por el cargador de una X01.5 (12V e  $i_{\text{máx}}=2.1$  A). Es necesario aclarar que la iluminancia pudo variarse cambiando el voltaje de alimentación de la lámpara o alejándola de los sensores: elegimos este último método porque el primero cambia la composición de color de la luz emitida por el filamento.

El procedimiento se realizó en una habitación a oscuras, donde la única fuente luminosa era la lámpara. La ubicación de los sensores fue tal que recibían solamente la luz directamente del foco, evitándose los aportes por reflejos.

La curva de ajuste utilizada es la función  $I = a \cdot R^b$  que aparece en el cuadro de texto conectado a ella:



Los valores que toman los parámetros **a** y **b** de la función de ajuste identifican el modelo de LDR utilizado.

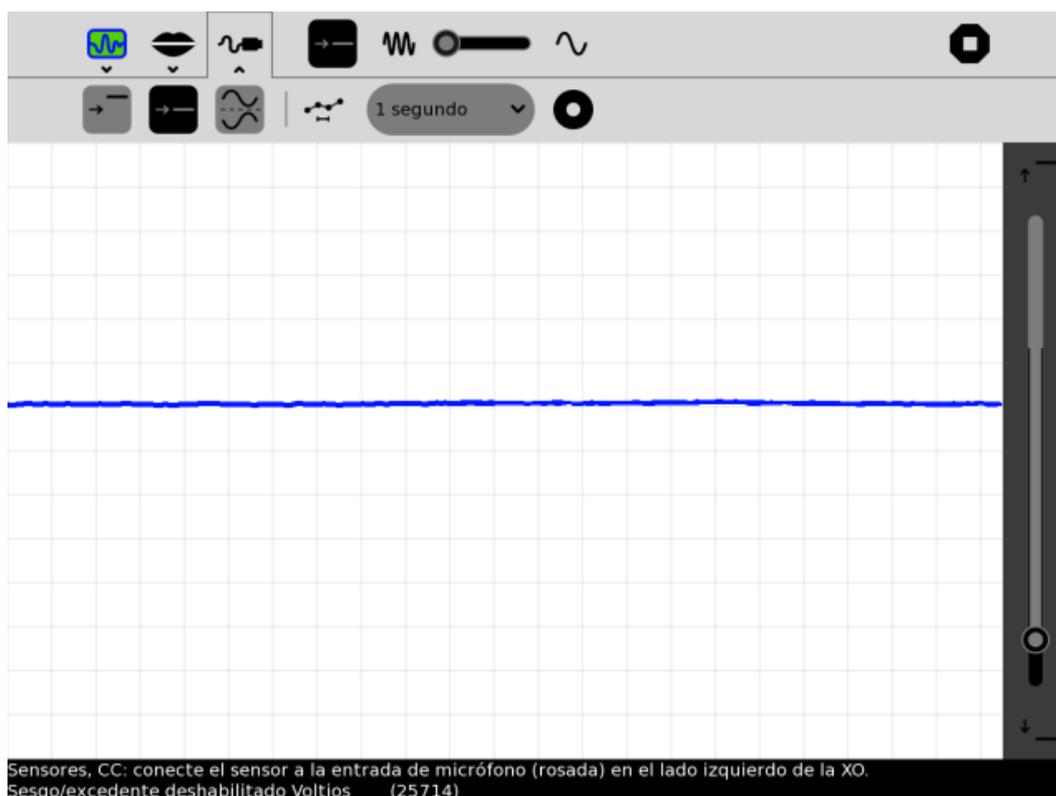
NOTA:

Si se quiere medir iluminancia, el sensor a utilizar debe presentar una curva de respuesta que coincida o sea cercana a la función *sensación de brillo* en función de las distintas *longitudes de onda* para el ojo humano; esta es una función que presenta forma de *campana* conocida bajo el nombre de *rendimiento luminoso*, *función de luminosidad* o *curva de eficiencia luminosa del observador estándar* que presenta un máximo en  $\lambda = 555 \text{ nm}$ . Hasta que no determinemos la respuesta espectral del sensor que utilizemos no podremos definir su precisión como *sensor de iluminancia*.

|   |                  |
|---|------------------|
| <p><b><u>Actividad experimental:</u></b></p> <p><b>13.La XO como osciloscopio: oscilograma de la señal producida por una celda fotovoltaica</b></p>   | <p><b>SV</b></p> |
| <p><b><u>Nivel:</u></b></p> <p>Primaria / Secundaria Básica (CB) / Secundaria Superior (Bachillerato)</p>   |                  |
| <p><b><u>Objetivos:</u></b></p> <p>Medida de la señal de voltaje producida por una celda fotovoltaica iluminada por distintas fuentes luminosas: incandescente alimentada por voltaje DC y AC y fluorescente alimentada por voltaje AC.</p> <p>Análisis temporal.</p>   |                  |
| <p><b><u>Magnitud a medir por XO:</u></b></p> <p>iluminancia (cualitativo) como proporcional a Voltaje continuo (DC)</p>  |                  |
| <p><b><u>Tipo de medida:</u></b></p> <p>Indirecta</p>   |                  |
| <p><b><u>Actividad SUGAR:</u></b></p> <p>Medir versión 31 (en <i>base tiempo</i>)</p>   |                  |
| <p><b><u>Modelo de XO utilizado:</u></b></p> <p>XO1 (SKU5)</p>  |                  |
| <p><b><u>Sensor a utilizar:</u></b></p> <p>Celda Fotovoltaica</p> <p><b><u>Otros materiales:</u></b></p> <p>Cable de audio conectado a la entrada de micrófono externo de XO. Fuente de voltaje 12 V DC. Lámpara de incandescencia 12 V &amp; 10W. Potenciómetro 50 kΩ. Lámpara de incandescencia 220V &amp; 75W. Tubo fluorescente 220 V AC.</p> |                  |
| <p><b><u>Precauciones a tener en cuenta:</u></b></p> <p>Extremo cuidado: un voltaje fuera de rango o con polaridad invertida puede dañar la XO en forma permanente. No trabaje midiendo voltajes en XO si no es usuario experimentado.</p>  |                  |

### **i.Oscilograma de la señal producida por la celda al iluminarse con una lámpara incandescente alimentada por voltaje continuo (DC):**

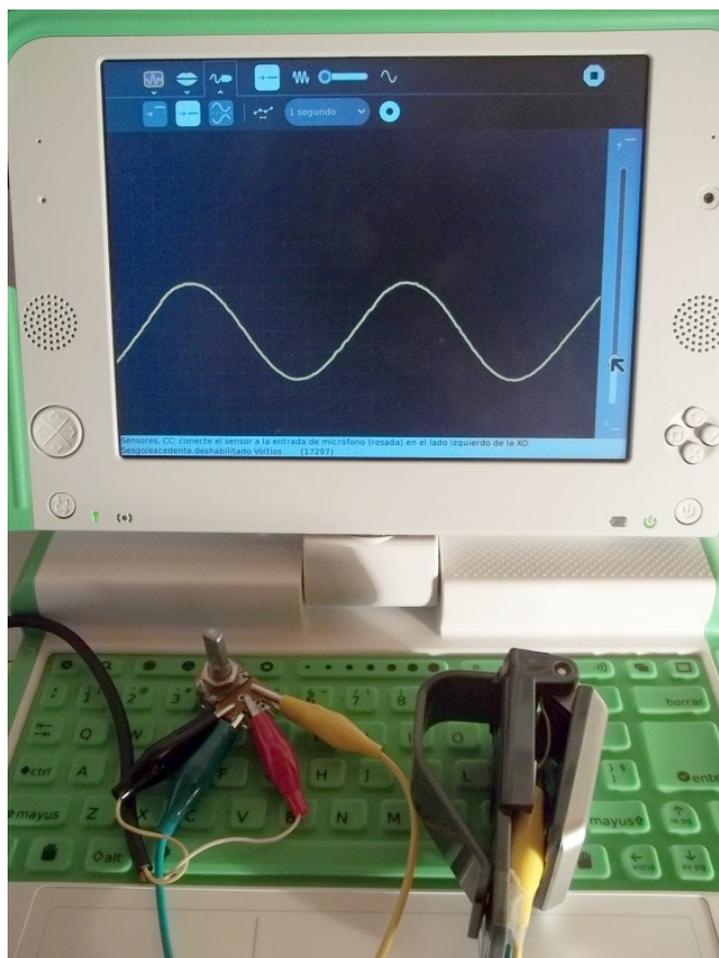
Utilizaremos una lámpara incandescente de 12V y 10W alimentada por el cargador de una XO1 (12V DC y  $P_{m\acute{a}x} = 17W$ ) ubicada a unos 20 cm de la celda conectada directamente al conector de micrófono externo de XO1:



Puede apreciarse que esta fuente luminosa produce un nivel de iluminación constante lo cual se verifica por el oscilograma obtenido (recta paralela eje temporal).

### **ii.Oscilograma de la señal producida por la celda al iluminarse con una lámpara incandescente alimentada por voltaje alterno (50 HZ):**

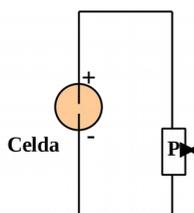
Se utilizó una lámpara incandescente de 220V y 75W ubicada a la derecha de XO1 como muestra la foto:



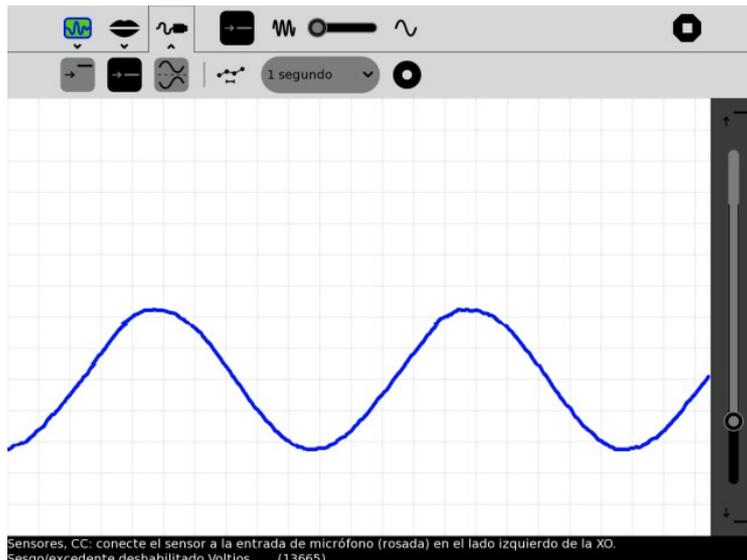
En este caso la iluminancia produce en la celda un voltaje muy superior al admitido por la entrada de XO1, por lo cual debe montarse un divisor de tensión mediante un potenciómetro; en el ejemplo se utilizó uno de 50 k $\Omega$ , conectándose los terminales de la celda a los extremos del mismo (pinzas verde y amarilla) y el cable de audio entre uno de los extremos (pinza negra junto con la verde, negativo de la celda) y el terminal medio del potenciómetro (pinza roja).

El esquema eléctrico se muestra a continuación:

**Debe respetarse la polaridad al conectar el cable de audio al potenciómetro.**



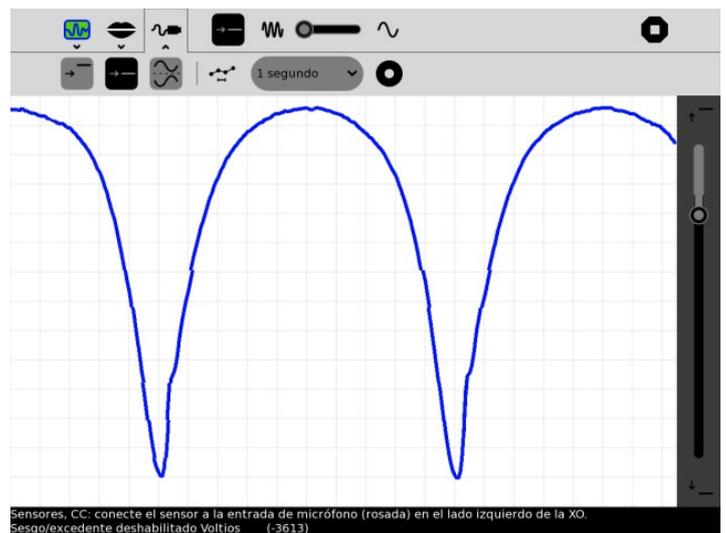
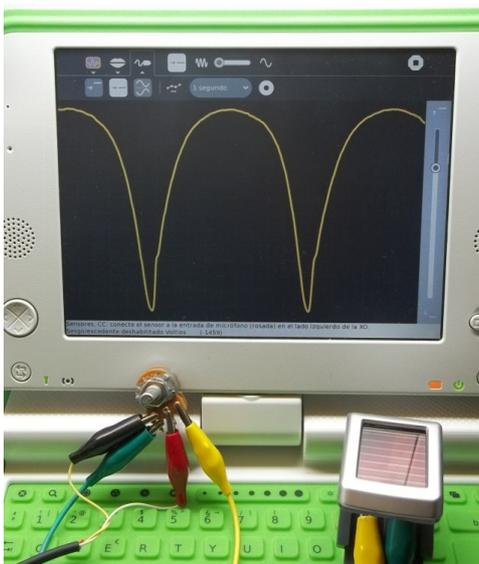
Antes de conectar el cable de audio a XO1, la perilla del potenciómetro debe ubicarse en la posición extrema de forma tal que el terminal medio se encuentre en contacto con el terminal extremo inferior (en la figura). Esto produce una salida 0 V; luego se conecta el cable y comienza a girarse la perilla hasta que se observen variaciones en la señal en pantalla.



En este caso se concluye acerca de una iluminancia variable cuyo período 10 ms se justifica porque el filamento alcanza su máxima temperatura en cada alternancia. Las variaciones en la iluminancia son suaves por la inercia térmica del material del filamento.

### iii. Oscilograma de la señal producida por la celda al iluminarse con tubo fluorescente alimentado por voltaje alterno (50 HZ):

La señal que se obtiene en la celda en este caso es la producida por la misma al ser iluminada por luz proveniente de un tubo fluorescente ("tubo lux") alimentado por la red doméstica 220V 50 Hz. Esta fuente luminosa se encuentra por encima de la XO1 como muestra la foto:



Al igual que en el caso anterior, debe utilizarse un potenciómetro como divisor de tensión para proteger la entrada de XO1 de voltajes extremos y para dimensionar la señal en pantalla. El oscilograma obtenido permite afirmar que se trata de un nivel de iluminación variable con igual período que el anterior pero con variaciones bruscas que coinciden con el mecanismo de producción de luz basado en la descarga eléctrica en el gas a baja presión contenido en el tubo.

|  |                  |
|--|------------------|
| <p><b><u>Actividad experimental:</u></b></p> <p><b>14. “Bienvenida”</b></p>  | <p><b>SR</b></p> |
| <p><b><u>Nivel:</u></b></p> <p>Primaria / Secundaria Básica (CB) / Secundaria Superior (Bachillerato)</p>  |                  |
| <p><b><u>Objetivos:</u></b></p> <p>Montaje y programación de un <i>sensor mano</i> que al cubrirlo hace que XO emita un mensaje hablado y tome una foto.<br/>Se incluye una versión simplificada donde se sustituye el <i>sensor mano</i> por un pulsador Normal Abierto (NA o NO) o utilizando solamente el cable de audio.</p> |                  |
| <p><b><u>Magnitud a medir por XO:</u></b></p> <p>iluminancia (cualitativo) midiendo resistencia de LDR.</p>  |                  |
| <p><b><u>Tipo de medida:</u></b></p> <p>Indirecta</p>  |                  |
| <p><b><u>Actividad SUGAR:</u></b></p> <p>TurtleBlocks (TB) v.109 (y V.130 y posteriores)</p>   |                  |
| <p><b><u>Modelo de XO utilizado:</u></b></p> <p>XO1 (SKU5)</p>   |                  |
| <p><b><u>Sensor a utilizar:</u></b></p> <p>LDR GL12537</p> <p><b><u>Otros materiales:</u></b></p> <p>Cable de audio conectado a la entrada de micrófono externo de XO.<br/>Interruptor pulsador NA o NO.<br/>Lámpara portátil o puntero láser.</p>   |                  |
| <p><b><u>Precauciones a tener en cuenta:</u></b></p> <p>(ninguna)</p>  |                  |

## Opción A: Un Sensor mano.

### Descripción:

El *sensor mano* consiste en un bloque de madera al cual se le adhiere una impresión del dibujo de una mano. Un LDR es ubicado en el centro de la imagen y el conjunto se cubre con la caja (transparente) de un CD estándar para proteger el LDR y evitar que el papel impreso se ensucie durante el uso.

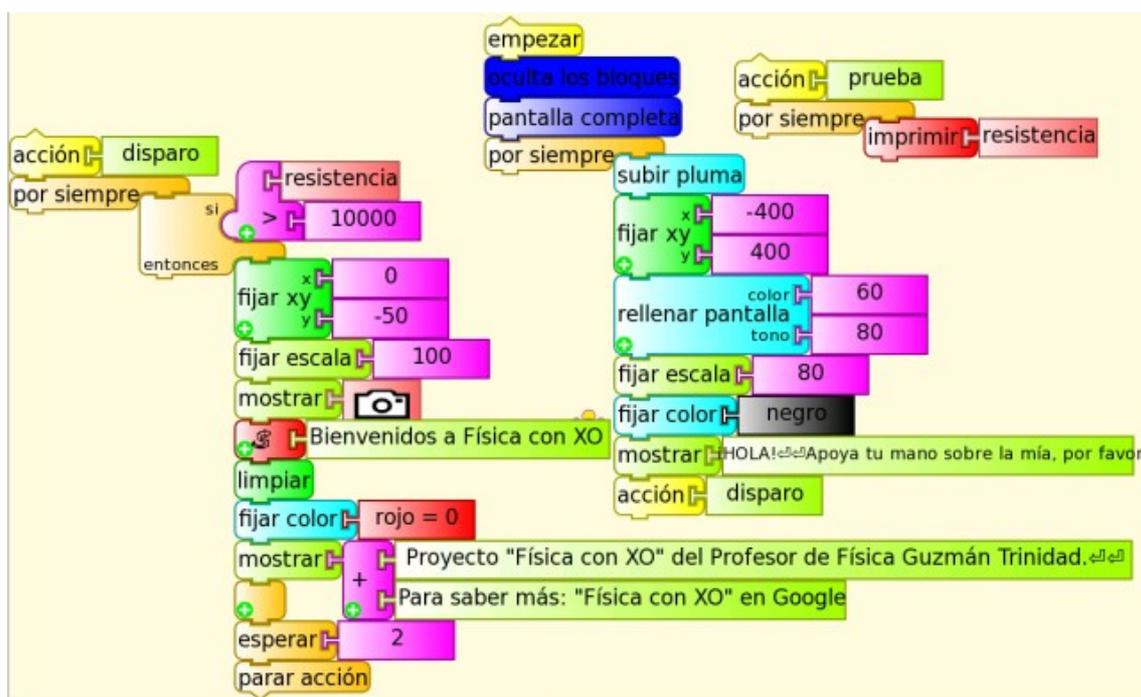


### Funcionamiento:

Se coloca el sensor en una zona iluminada por el sol u otro foco luminoso (lámpara portátil, etc.). Cuando el asistente se enfrenta a XO la programación lo invita con un mensaje en pantalla a cubrir el *sensor mano*.

Al variar el nivel de iluminación incidente, se dispara una foto y un mensaje de bienvenida.

El programa TB ([bienvenida \(sensor mano\).ta](#)) se muestra a continuación:



### Puesta a punto:

Inicialmente se conecta el *sensor mano* a XO, se ilumina el LDR y se ejecuta la *acción prueba* haciendo clic sobre su cabezal. Dicha *acción* muestra la resistencia del LDR iluminado, que debe ser menor a 14 000 ohm (máximo del rango de XO1).

Si se muestra ese valor, debe aumentarse el nivel de iluminación el sensor; si aún así no se logra, esto es síntoma que un cable está cortado o el LDR se dañó.

El valor de resistencia medido con iluminación debe ser menor al valor que aparece en la condición "si/entonces" dentro de la *acción disparo* (en el programa mostrado se utilizó 10 000 ohm).

### Recordar:

1-El bloque Python debe “cargarse” con el ejemplo *speak.py*, de lo contrario no se emite el mensaje hablado.

2-Este bloque debe cargarse cada vez que se copie el programa a otra XO.

Al trabajar con TB v130 y posteriores, se puede modificar el programa ([bienvenida \(sensor mano\) v130.ta](#)) simplificándose la tarea al utilizar el *bloque hablar* como muestra la porción de programación de la figura:



## Opción B: Un interruptor de barrera de luz láser.



Una variante muy entretenida para los estudiantes consiste en iluminar el LDR mediante un puntero láser de tal forma que el programa de “bienvenida” se dispare cuando se interrumpe el haz. Incluso el puntero y el sensor pueden separarse gran distancia e interrumpir el haz mediante el paso de una persona entre ellos.

En la figura se muestra un montaje en el cual el interior de una caja de cartón, con un film plástico que la cubre, se llena de humo (mediante un sahumerio encendido en su interior que no se muestra) descubriendo el trazo del haz de un puntero láser verde (arriba) que ilumina un LDR (abajo); aún en dichas condiciones, la resistencia del sensor es baja, de unos 2600 ohm.

## Opción C: Pulsador Normal Abierto (NA o NO)

Una simplificación del dispositivo consiste en sustituir el LDR por un pulsador Normal Abierto (NA o bien NO por su sigla en inglés) como el de un timbre de puerta o los extremos del cable de audio que al presionarse se ponen en contacto.

El montaje es directo como se muestra en esquema y foto:



Pulsador NA

La única modificación al programa ([bienvenida \(pulsador NO\).ta](#)) consiste en sustituir la condición “**resistencia > 10000**” (dentro del “si/entonces” de la acción *disparo*) por “**resistencia < 10000**” (porque al ponerse en contacto los cables, la resistencia disminuye, a la inversa de lo que ocurre al oscurecer el LDR).

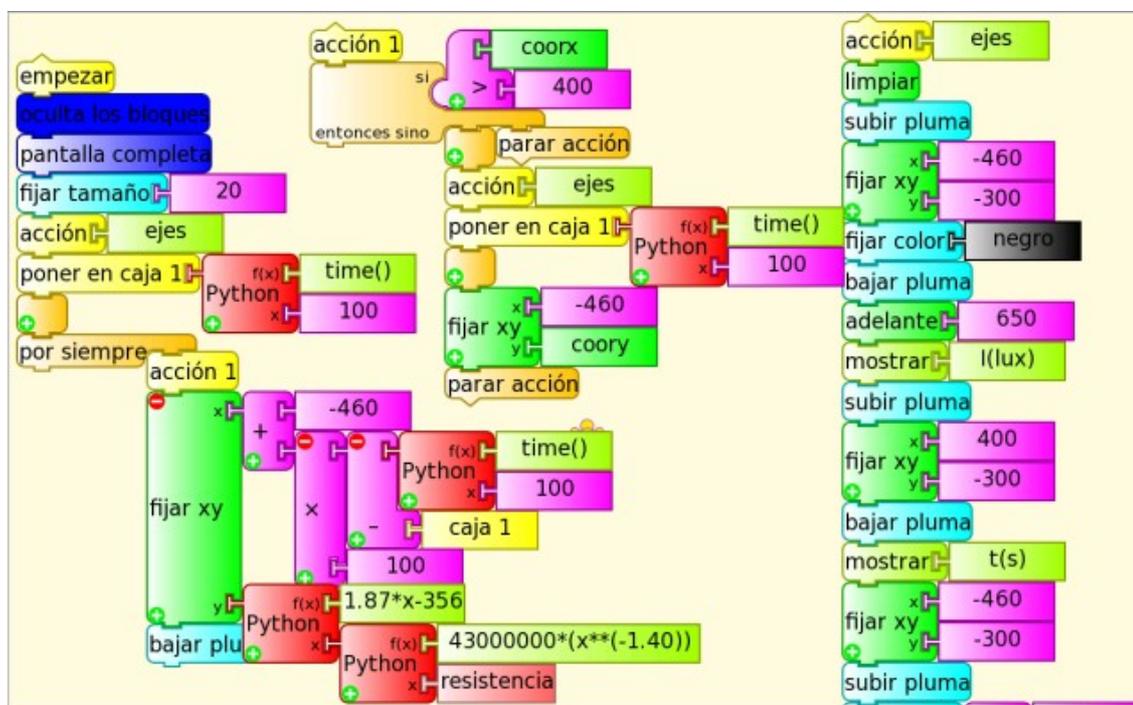
### Puesta a punto:

Inicialmente se conecta el cable de audio a XO1 y se ejecuta la *acción prueba* cliqueando sobre su cabezal. Esta muestra la resistencia 14000 y cuando se tocan los cables entre si marcará el valor 700.



|  |                  |
|--|------------------|
| <p><b><u>Actividad experimental:</u></b></p> <p><b>15.LDR como sensor de luz. Gráfica loop I=f (t).</b></p>  | <p><b>SR</b></p> |
| <p><b><u>Nivel:</u></b></p> <p>Primaria / Secundaria Básica (CB) / Secundaria Superior (Bachillerato)</p>  |                  |
| <p><b><u>Objetivos:</u></b></p> <p>Montaje y programación de un LDR como <i>sensor de luz</i> calibrado. La información se muestra en pantalla como una gráfica loop I= f (t).</p> |                  |
| <p><b><u>Magnitud a medir por XO:</u></b></p> <p>iluminancia</p>   |                  |
| <p><b><u>Tipo de medida:</u></b></p> <p>Indirecta</p>  |                  |
| <p><b><u>Actividad SUGAR:</u></b></p> <p>TurtleBlocks (TB) v.109</p>   |                  |
| <p><b><u>Modelo de XO utilizado:</u></b></p> <p>XO1 (SKU5)</p>   |                  |
| <p><b><u>Sensor a utilizar:</u></b></p> <p>LDR GL12537</p> <p><b><u>Otros materiales:</u></b></p> <p>Cable de audio conectado a la entrada de micrófono externo de XO.</p>         |                  |
| <p><b><u>Precauciones a tener en cuenta:</u></b></p> <p>(ninguna)</p>  |                  |

Esta aplicación incluye la función de calibración  $I = f(R)$  para el modelo de LDR utilizado y construye una gráfica en pantalla de la iluminancia en función del tiempo. Cuando el trazo alcanza el borde derecho se borra y recomienza desde el izquierdo cambiando de color en forma aleatoria. La programación ([GL12537gráfica loop I \(lux\) t \(s\) .ta](#)) es la siguiente:

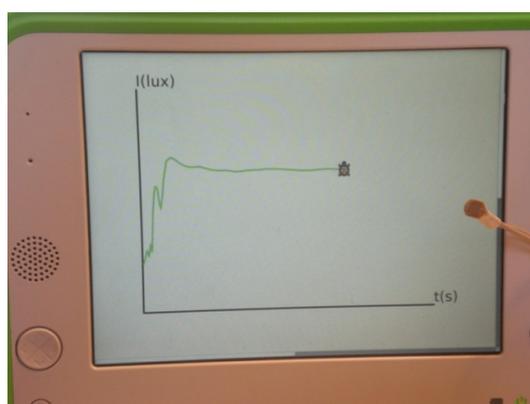


Los bloques función Python que se muestran en la base del bloque principal corresponden a la función de calibrado ( $x = \text{resistencia}$ ) y a la función que escala el rango de iluminancia a la longitud del eje vertical elegido (para optimizar la presentación en pantalla).

## Aplicación: Polarimetría.

Trabajando en colaboración con la Profesora de Química Isabel Suárez (Liceo El Pinar N°1), esta colega sugirió la idea de utilizar este sensor y el programa para determinar el ángulo de rotación del plano de la luz polarizada que se propaga a lo largo de una sustancia ópticamente activa en un dispositivo conocido como *polarímetro*.

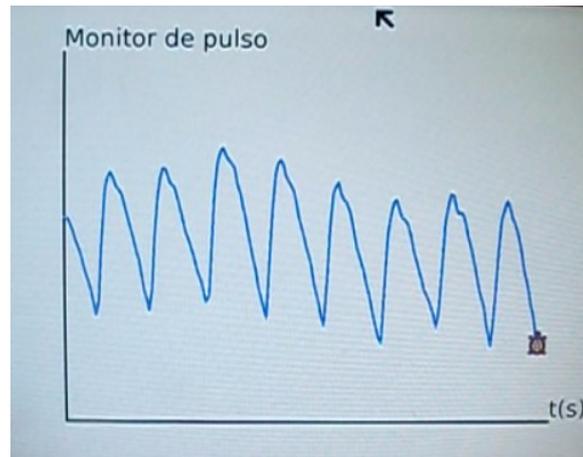
Esta aplicación permitiría determinar el ángulo de giro con mayor precisión que la obtenida con el método tradicional.



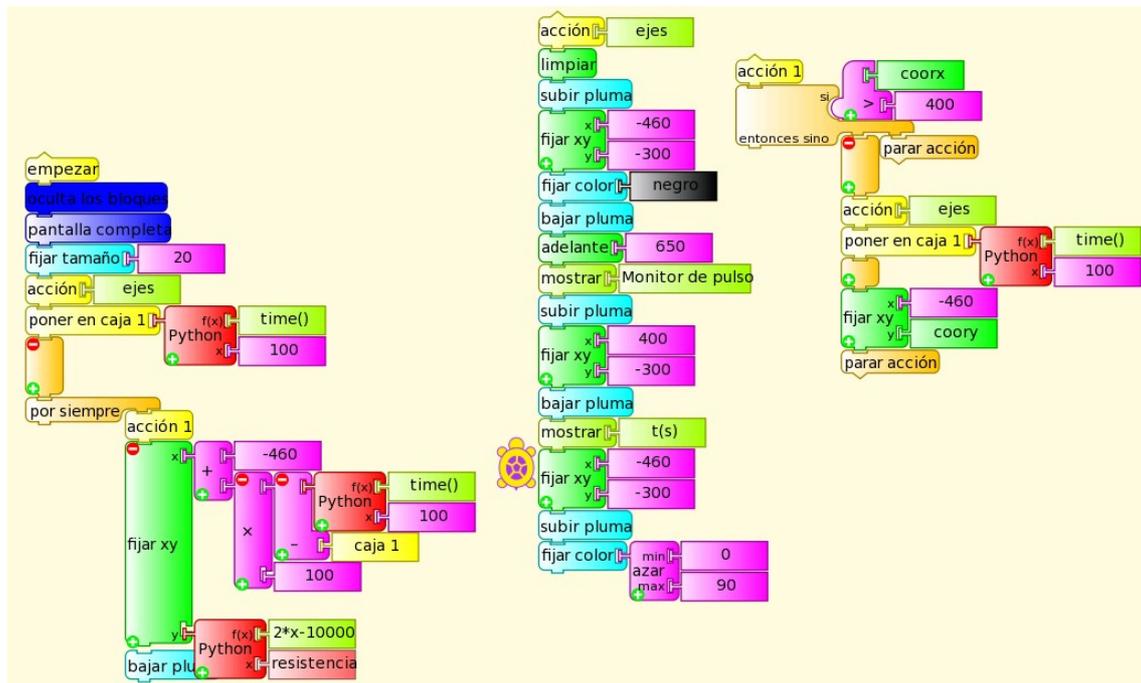
|  |                                 |
|--|---------------------------------|
| <p><b><u>Actividad experimental:</u></b></p> <p><b>16. Monitor de pulso con XO</b></p>   | <p><b>SR</b><br/><b>USB</b></p> |
| <p><b><u>Nivel:</u></b></p> <p>Primaria / Secundaria Básica (CB) / Secundaria Superior (Bachillerato)</p>  |                                 |
| <p><b><u>Objetivos:</u></b></p> <p>Montaje de un <i>sensor de pulso</i> y programación de la gráfica que monitorea dicha actividad en pantalla</p>   |                                 |
| <p><b><u>Magnitud a medir por XO:</u></b></p> <p>iluminancia (cualitativo) midiendo resistencia de LDR</p>   |                                 |
| <p><b><u>Tipo de medida:</u></b></p> <p>Indirecta</p>  |                                 |
| <p><b><u>Actividad SUGAR:</u></b></p> <p>TurtleBlocks (TB) v.109</p>   |                                 |
| <p><b><u>Modelo de XO utilizado:</u></b></p> <p>XO1 (SKU5)</p>   |                                 |
| <p><b><u>Sensor a utilizar:</u></b></p> <p><i>Sensor de pulso(LDR, led, resistor, pinza soporte, cable USB, cable de audio)</i></p>  |                                 |
| <p><b><u>Precauciones a tener en cuenta:</u></b></p> <p>Se utilizarán los 5V del puerto USB para alimentar al led. Extremo cuidado en la manipulación de las conexiones: un cortocircuito dañaría en forma permanente la XO.</p> |                                 |

### Resumen:

Se presenta aquí el montaje de un *sensor de pulso* que al colocarse en una persona, permite monitorear su pulso en la pantalla de la XO, mostrándose una gráfica donde a cada máximo (“pico”) le corresponde un latido cardíaco.



El sensor se conecta a la entrada **mic** y **USB** de una XO1 y el programa ([monitor de pulso.ta](http://monitor.de.pulso.ta)) está hecho en “TurtleBlocks” v.109:



Puede modificarse esta programación para que calcule la frecuencia cardíaca y la muestre en pantalla.

### Introducción:

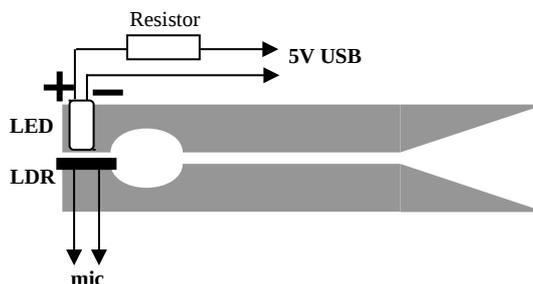
La **Pulsioximetría** (Wikipedia Pulsioximetría) es un método no invasivo que permite determinar el nivel de saturación de oxígeno de la hemoglobina de un paciente.

Para realizar esta técnica, se coloca un sensor en una parte delgada del cuerpo, lo cual permite determinar la absorbancia causada únicamente por la pulsación de la sangre arterial.

**Nota:** la aplicación que mostramos aquí se basa en la **pulsioximetría** pero no es un ejemplo de este método.

### Implementación:

Un LED blanco de alto brillo, conectado en serie a un RESISTOR adecuado se enciende alimentado por 5VDC del puerto USB. Este LED ilumina un LDR (en este caso el GL12537) conectado a la entrada de micrófono externo de una XO1. Si se disponen ambos componentes en los extremos de una pinza para ropa (“palillo”) y se coloca entre ellos una zona como el lóbulo de la oreja o la piel que une el



dedo pulgar con el índice de la mano, cada pulsación sanguínea producirá un cambio en nivel de iluminación sobre el LDR, con la variación correspondiente en su resistencia. El programa “TurtleBlocks” v.109 muestra en pantalla la resistencia del LDR en función del tiempo, monitoreando el pulso del “paciente”.



Con los valores de voltaje  $V_{led}$  e  $I_{led}$ , puede calcularse el valor de resistencia  $R$  y potencia (mínima)  $P$  del resistor, como:

$$R = \frac{5V - V_{led}}{i_{led}}; P = R \times i_{led}^2$$

Al conectar el LED debe respetarse su polaridad, pues de lo contrario, no enciende.

### **PRECAUCIÓN:**

Tenga mucho cuidado en NO conectar los cables rojo (+) y negro (-) del USB directamente entre sí, ya que podría producir un daño irreparable en la XO1.

Si quiere evitar este riesgo alimente la serie Resistor-led con 3 pilas AA o AAA. En este caso usar 4.5V en vez de 5V en los cálculos.

Puede utilizarse el LDR indicado o cualquiera cuya resistencia al ser iluminado se encuentre entre 700 y 14000 ohm (rango de medida de XO1).

|  |                  |
|--|------------------|
| <p><b><u>Actividad experimental:</u></b></p> <p><b>17.LDR monitor de iluminancia</b></p>   | <p><b>SR</b></p> |
| <p><b><u>Nivel:</u></b></p> <p>Secundaria Básica (CB) / Secundaria Superior (Bachillerato)</p>   |                  |
| <p><b><u>Objetivos:</u></b></p> <p>Programación de un LDR como <i>sensor de luz</i> calibrado para estudiar la dependencia <math>I = f(r)</math> (Iluminancia en función de distancia) con respecto a un foco pequeño.</p>                         |                  |
| <p><b><u>Magnitud a medir por XO:</u></b></p> <p>iluminancia</p>   |                  |
| <p><b><u>Tipo de medida:</u></b></p> <p>Indirecta</p>  |                  |
| <p><b><u>Actividad SUGAR:</u></b></p> <p>TurtleBlocks (TB) v.109</p>   |                  |
| <p><b><u>Modelo de XO utilizado:</u></b></p> <p>XO1 (SKU5)</p>   |                  |
| <p><b><u>Sensor a utilizar:</u></b></p> <p>LDR GL12537</p> <p><b><u>Otros materiales:</u></b></p> <p>Cable de audio conectado a la entrada de micrófono externo de XO.<br/>Lámpara 12v 18w alimentada por cargador de XO1.5<br/>Cinta métrica.</p> |                  |
| <p><b><u>Precauciones a tener en cuenta:</u></b></p> <p>(ninguna)</p>  |                  |

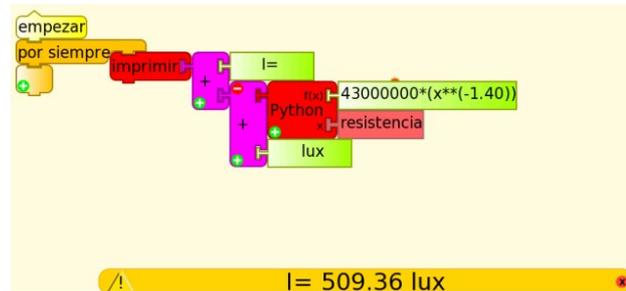
Se recrea un experimento clásico de óptica donde un sensor de luz se aleja de un foco pequeño para estudiar la dependencia de la iluminancia  $I$  con la distancia  $r$ . Para las condiciones en las que se trabajó se puede afirmar que las variables mantienen una relación inversa del tipo:

$$I \propto \frac{1}{r^2}$$

conocida como ley del cuadrado inverso.

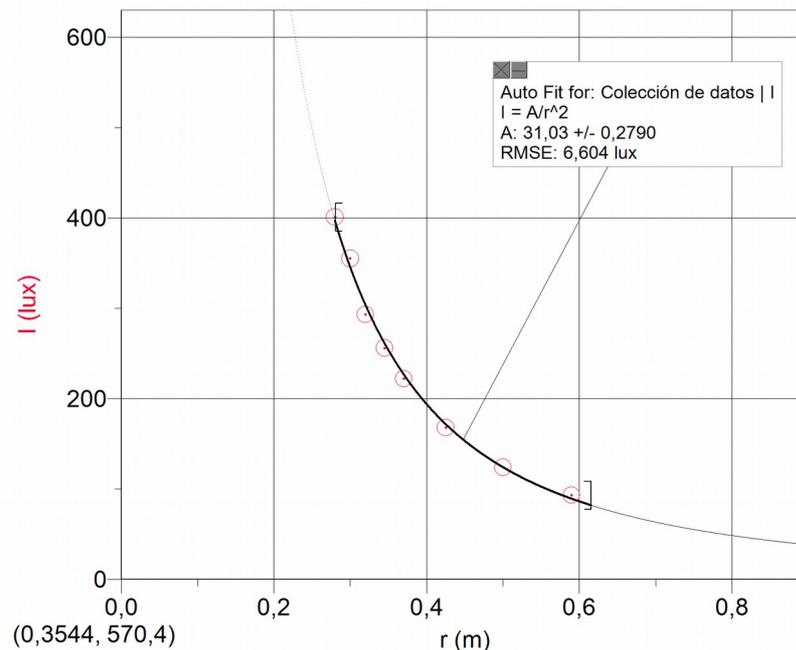
Las condiciones fueron las mismas que para el proceso de calibrado del LDR (descrito más arriba).

Para las medidas de iluminancia se programó un monitor de dicha magnitud en TB ([GL12537 monitor de I \(lux\).ta](#)):



Este sensor mide en un rango de 60 a 600 lux.

La gráfica obtenida se muestra junto al ajuste del cuadrado inverso:



## 14.4 Temperatura

Pueden registrarse temperaturas mediante alguno de los siguientes sensores:

### I-(SV) Sensor de temperatura:

Se trata de aquellos que producen un voltaje de salida que depende de la temperatura a la cual están sometidos. Necesitan alimentación de voltaje DC, por lo cual para su montaje y prueba debe atenderse la precaución correspondiente:

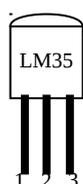
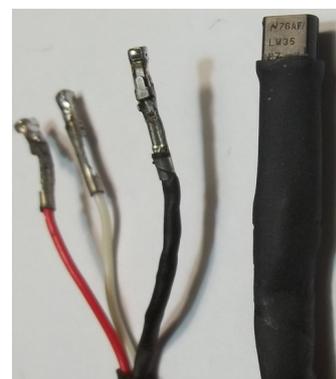
**Extremo cuidado: un voltaje fuera de rango o de polaridad invertida puede dañar la XO en forma permanente. No trabaje midiendo voltajes en XO si no es usuario experimentado.**

Utilizaremos el sensor integrado LM35.

#### El sensor voltaje (SV) LM35:

##### Descripción:

Se trata de un sensor integrado de tres terminales que funciona alimentado por 5V DC los cuales podemos obtener del puerto USB. Produce una salida de voltaje que es lineal con la temperatura Celsius a la cual está sometido. Los terminales del sensor, visto de frente y ordenados de izquierda a derecha corresponden a:



1. Voltaje de alimentación (positivo o V<sub>+</sub>),
2. Voltaje de salida (V<sub>out</sub>) y
3. tierra de alimentación (negativo o GND)

De acuerdo a los datos técnicos, el sensor integrado produce 0.010 V por °C de temperatura y puede trabajar en un rango de **-55 a 155 °C**. De acuerdo al rango de voltaje DC en XO1, podemos trabajar con este sensor entre **40 y 155 °C**.

Puede medirse la temperatura ambiente al ¼ de °C y, en todo el rango de temperaturas, obtenerse medidas a los ¾ de °C.

### II-(SR) Termistor:

Se trata de un componente cuya resistencia depende de la temperatura a la cual está sometido. Si se lo conecta a la entrada de micrófono el valor medido de su resistencia podrá convertirse fácilmente en un valor de temperatura mediante la obtención de la función de calibrado. Las características técnicas del componente deben elegirse para que el rango de resistencias que mide XO se corresponda con el rango de temperaturas en el que se desea trabajar.

Existen aquellos en los cuales la resistencia varía en forma inversa con la temperatura conocidos como NTC (Negative Temperature Coefficient por su sigla en inglés).

## El sensor resistivo (SR) Termistor NTC103:

### Descripción:

En este caso, como en el resto de sensores resistivos, el montaje es elemental y directo entre el termistor (un componente de dos terminales) y el cable de audio: pueden utilizarse las pinzas unidas al mismo para conectar el componente, utilizar un dado de conexión o (preferentemente) soldar los terminales a los cables, teniendo la precaución de no someter el componente a exceso de temperatura porque puede dañarse. Como en todo sensor resistivo no hay que observar polaridad.



En este caso, como el sensor medirá temperaturas de líquidos y sus terminales no deben humedecerse, se recomienda protegerlo con una cubierta plástica termocontraíble o bien dentro de una vaina metálica de paredes delgadas. El esquema de montaje de circuito se muestra a continuación:

NTC  
103

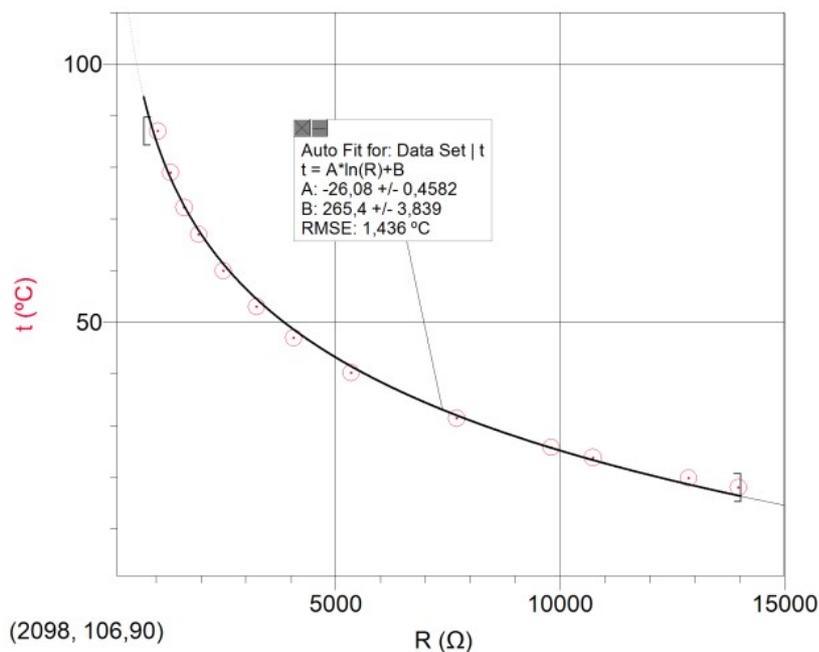
## Calibrado del termistor NTC103

Para calibrar el termistor se lo monta junto al bulbo de un termómetro de laboratorio (por ejemplo) y se sumergen ambos en un recipiente con agua a distintas temperaturas registrándose los valores de ambas magnitudes y construyendo la gráfica  $t = f(R)$  correspondiente. Se ajusta la curva obtenida con una función del tipo:

$$t = a \cdot L(R) + b$$

Los parámetros **a** y **b** identifican el modelo de termistor NTC utilizado. Se muestra la gráfica obtenida en nuestro caso:

**termistor NTC 103 (10 kΩ)**



## Modificación del rango de medición con NTC103 y XO1:

De acuerdo a lo anterior, utilizando el termistor NTC103 en XO1 obtenemos un termómetro que puede medir en un rango de 16 a 94 °C ( $\pm 2$  °C). Si bien el

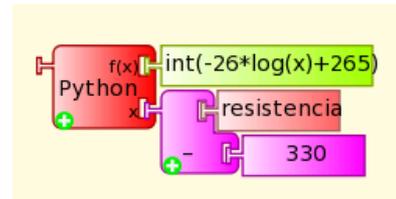
mismo es amplio, no incluye el punto de fusión ni el de ebullición del agua, una de las sustancias más accesibles para cualquier experimento elemental. Sin embargo una pequeña modificación en el sensor nos permitirá solucionar el problema.

Lo que sigue se basa en una elaboración grupal junto a las profesoras V. Almeida, I. Suárez, E. Stawsky y E. Santos, en oportunidad de encontrarse investigando acerca del tema.

Analizando la gráfica de calibrado del NTC103 podemos ver que a 110 °C su resistencia es de unos 370 ohm, valor que está por debajo del mínimo medible por XO1; pero si le conectamos en serie un resistor de 330 ohm, XO1 medirá el valor total de 700 ohm. De esta forma, hemos *desplazado* el rango para incluir uno de los puntos del agua. Basta modificar ligeramente la programación para que el bloque Python calcule la temperatura a partir del valor de la resistencia del termistor; para ello debe sustituirse:

“**x=resistencia**” por

“**x = (resistencia-330)**” como se muestra en la figura:

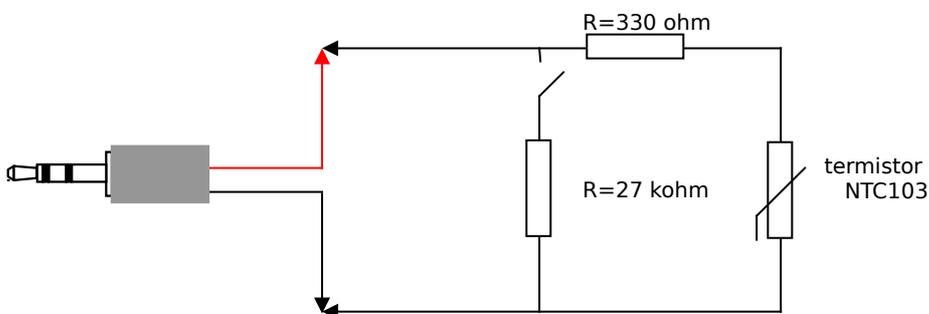
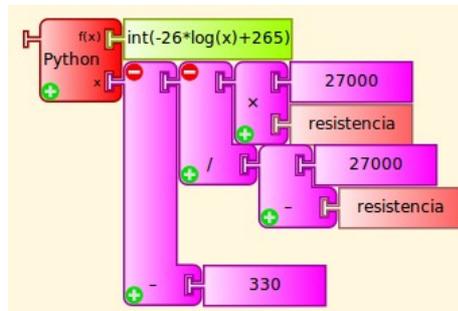


Si queremos *desplazar* nuevamente el rango de esta serie para que incluya el punto de fusión del agua, debemos conectarle a la serie “330 ohm/NTC103” un resistor en paralelo tal que la resistencia equivalente sea 14000 ohm cuando la temperatura se encuentre algo por debajo del 0 °C. En este caso, el programa debe modificarse sustituyendo:

“**x= (resistencia-330)**” por

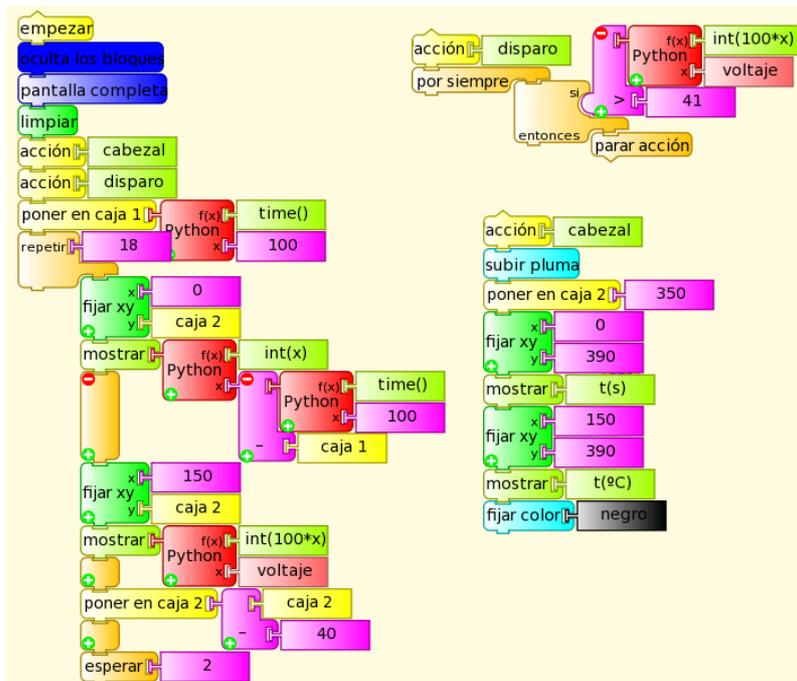
$$x = \frac{27000 * \text{Resistencia} - 330}{27000 - \text{Resistencia}}$$

Se muestran el bloque Python modificado y un esquema de circuito que, mediante una llave, selecciona entre el rango *alta* (llave abierta) **17 a 110 °C** y el rango *baja* (llave cerrada) **-2.4 a 95 °C**:



|  |           |
|--|-----------|
| <b>Actividad experimental:</b>   | <b>SV</b> |
| <b>18.Tabla tiempo/temperatura (cada 2 segundos)</b>   |           |
| <b>Nivel:</b> Primaria, Secundaria Básica  |           |
| <b>Objetivos:</b> Despliegue en pantalla de una tabla de valores tiempo/temperatura con lecturas cada 2 segundos (aprox.)  |           |
| <b>Magnitud a medir por XO:</b> temperatura  |           |
| <b>Tipo de medida:</b> Indirecta   |           |
| <b>Actividad SUGAR:</b> TB v.109   |           |
| <b>Modelo de XO utilizado:</b> XO1 (SKU5)  |           |
| <b>Sensor a utilizar:</b> LM35   |           |
| <b>Otros materiales:</b> Cable de audio conectado a la entrada de micrófono externo de XO. Cable USB.  |           |
| <b>Precauciones a tener en cuenta:</b><br>Extremo cuidado: un voltaje fuera de rango o con polaridad invertida puede dañar la XO en forma permanente. No trabaje midiendo voltajes en XO si no es usuario experimentado. |           |

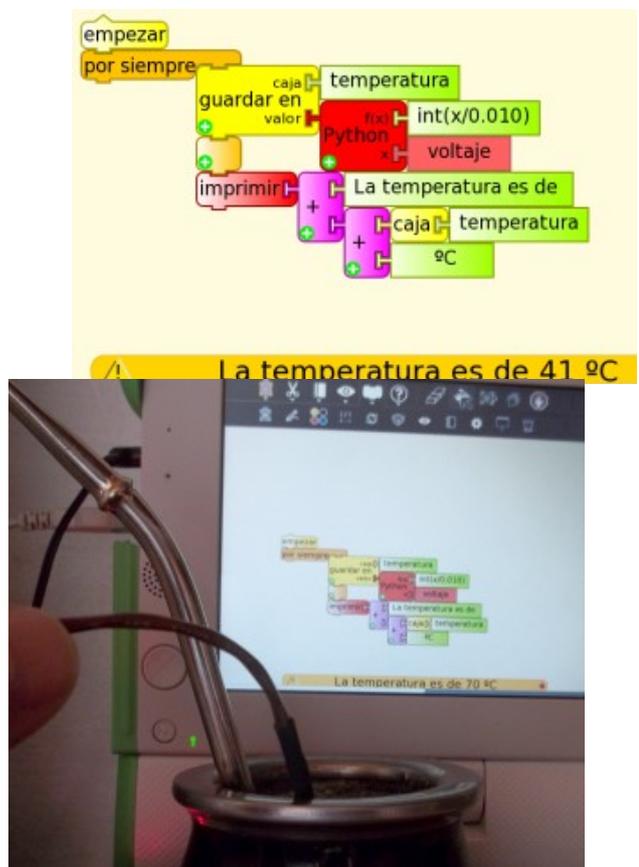
La programación TB ([Tabla LM35 .ta](#)) monitorea la temperatura de un sensor LM35 y cuando esta se encuentra por encima de 41 °C (mínimo del rango para XO1) comienza a desplegar en pantalla la tabla de valores *tiempo/temperatura*. Se mide cada 2 segundos (aprox.) y se despliegan 18 pares de valores:



| t(s) | t(°C) |
|------|-------|
| 0    | 42    |
| 2    | 51    |
| 4    | 56    |
| 6    | 58    |
| 8    | 60    |
| 10   | 62    |
| 12   | 63    |
| 14   | 64    |
| 16   | 64    |
| 18   | 65    |
| 20   | 65    |
| 22   | 66    |
| 24   | 66    |
| 26   | 66    |
| 28   | 66    |
| 30   | 67    |
| 32   | 67    |
| 35   | 67    |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Actividad experimental:</b><br><br><b>19.Termómetro y Termófono</b>  | <b>SV</b> |
| <b>Nivel:</b> Primaria, Secundaria Básica   |           |
| <b>Objetivos:</b> Se muestra la aplicación elemental termómetro (muestra temperatura en pantalla) y termófono (“dice” la temperatura).  |           |
| <b>Magnitud a medir por XO:</b> temperatura   |           |
| <b>Tipo de medida:</b> Indirecta  |           |
| <b>Actividad SUGAR:</b> TB v.109  |           |
| <b>Modelo de XO utilizado:</b> XO1 (SKU5)   |           |
| <b>Sensor a utilizar:</b> LM35  |           |
| <b>Otros materiales:</b> Cable de audio conectado a la entrada de micrófono externo de XO. Cable USB.   |           |
| <b>Precauciones a tener en cuenta:</b><br><br><p style="color: red;">Extremo cuidado: un voltaje fuera de rango o con polaridad invertida puede dañar la XO en forma permanente. No trabaje midiendo voltajes en XO si no es usuario experimentado.</p> |           |

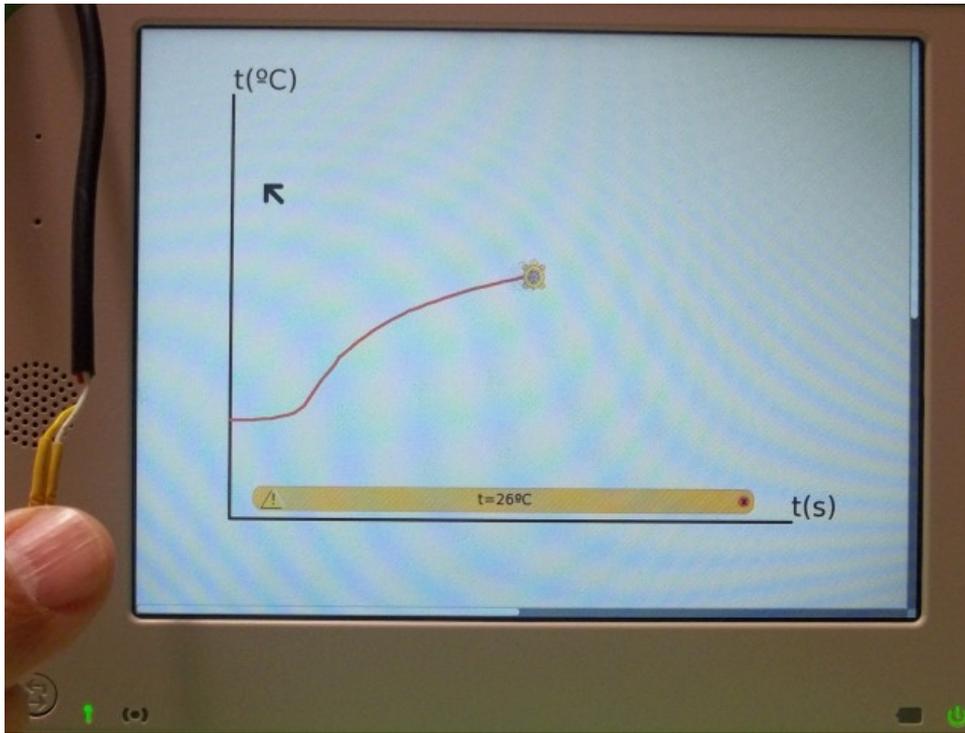
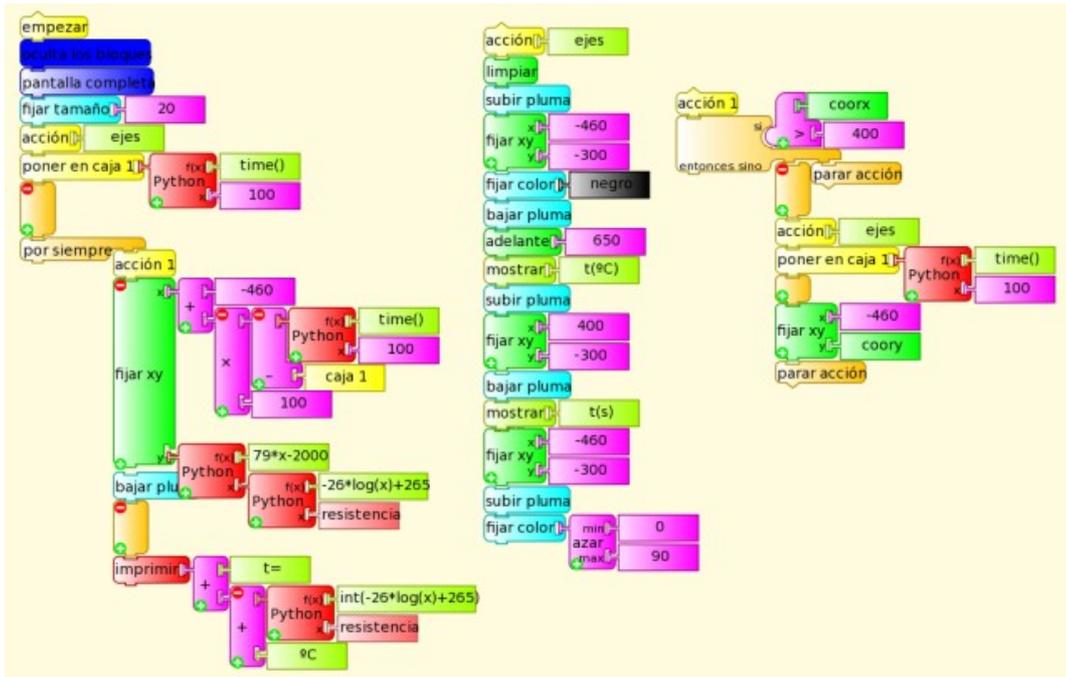
Se muestra la programación TB que monitorea temperatura ([termómetro LM35.ta](#)), el sensor con sus terminales y conectado a la *caja sensora*; una variante mínima en el programa ([termófono LM35.ta](#)) lo convierte en un **termófono**, un termómetro que “dice” la temperatura del sensor:



|   |           |
|---|-----------|
| <b>Actividad experimental:</b><br><br><b>20.Gráfica loop temperatura/tiempo e impresión en pantalla</b>                                     | <b>SR</b> |
| <b>Nivel:</b><br><br>Primaria, Secundaria Básica, Secundaria Superior (Bachillerato)  |           |
| <b>Objetivos:</b><br><br>Aplicación termómetro (muestra temperatura en pantalla) que, además, grafica la temperatura en función del tiempo. |           |
| <b>Magnitud a medir por XO:</b><br><br>temperatura  |           |
| <b>Tipo de medida:</b><br><br>Indirecta   |           |
| <b>Actividad SUGAR:</b><br><br>TB v.109   |           |
| <b>Modelo de XO utilizado:</b><br><br>XO1 (SKU5)  |           |
| <b>Sensor a utilizar:</b><br>Termistor NTC103   |           |
| <b>Otros materiales:</b><br>Cable de audio conectado a la entrada de micrófono externo de XO.   |           |
| <b>Precauciones a tener en cuenta:</b><br>(ninguna)   |           |

Se muestra la programación TB que monitorea la temperatura mediante el termistor NTC103 (rango aprox.: 16 a 94 °C) y construye en forma continua una gráfica de las medidas en función del tiempo. El programa está pensado para graficar temperatura= f (tiempo) de la mano de quien toque el sensor. El trazo cambia de color y recomienza desde t= 0 s luego de alcanzar el extremo derecho de la pantalla. La escala vertical está dimensionada para optimizar el despliegue en pantalla de la temperatura de la piel de la mano en un día cálido (21 a 31 °C).

Se muestra la programación ([gráfica NTC103 loop t\(°C\) t \(s\) .ta](#)) y foto del despliegue en pantalla:



## 14.5 Campo Magnético:

El efecto Hall puede introducirse mediante la siguiente situación: considere una lámina rectangular conductora plana que transporta corriente eléctrica de valor constante en dirección de su largo. Si se la coloca en un campo magnético  $B$  perpendicular al plano que la contiene (caso extremo) se produce entre dos puntos del ancho de la lámina un voltaje  $V_{Hall}$  proporcional a él. Esto permite construir sensores de campo magnético. Nuevamente se trata de sensores integrados que producen un voltaje que se vincula linealmente con el valor del campo magnético a medir.

En plaza se puede adquirir el *Allegro 1302*, un sensor que produce una salida de 1.3 mV/G, lo cual (unido al rango de medida de voltaje de XO) lo define para medir campos magnéticos muy intensos únicamente. Es por ello que no lo vamos a utilizar en forma cuantitativa.

El sensor tiene tres terminales correspondientes a alimentación  $V_+$  (5V cable rojo a la izquierda en la foto), negativo (0 V cable negro al centro) y señal (cable blanco a la derecha). Para alimentarlo con un voltaje de V DC utilizamos el puerto USB de XO. Para su montaje y prueba debe atenderse la precaución correspondiente:

**Extremo cuidado: un voltaje fuera de rango o de polaridad invertida puede dañar la XO en forma permanente. No trabaje midiendo voltajes en XO si no es usuario experimentado.**

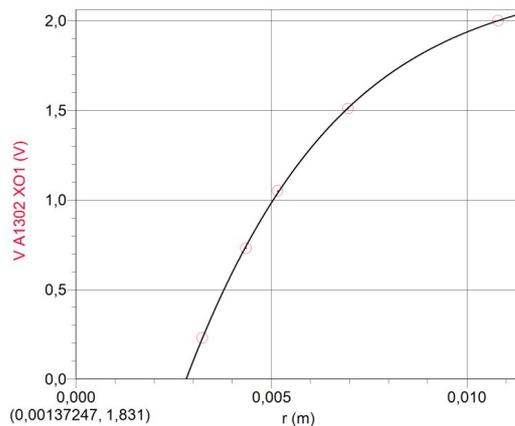
Para probar el funcionamiento del sensor lo enfrentamos al polo norte de un par de imanes de neodimio y ubicamos ambos componentes en la abertura de un calibre digital (el cual reseteamos cuando estaba cerrado) como muestra la figura:

Se grafica el voltaje de salida en función de la distancia  $r$  junto a un ajuste que muestra que podemos utilizar el sensor (con XO1) para distancias entre 3 y 10 mm únicamente:

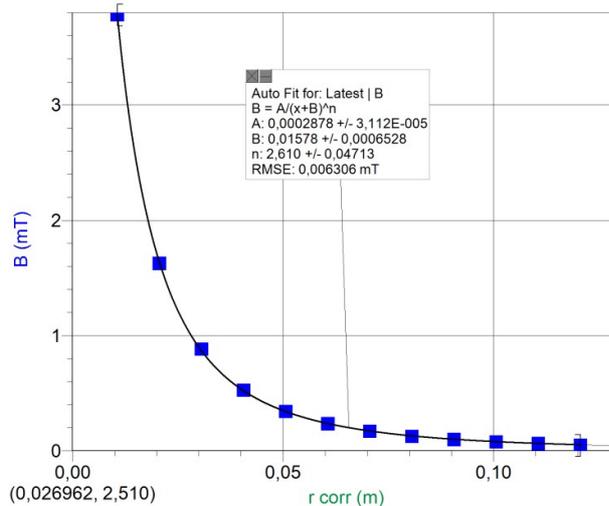
Para calibrar el sensor se disponía únicamente de un sensor comercial que no podía medir campos tan intensos. Además se encontró que debe corregirse la distancia al mismo porque el chip de medida se ubica a unos 10 mm del extremo del cuerpo del sensor como muestra la foto. También se incluye la gráfica del campo del imán en función de la distancia al sensor comercial:



5



V



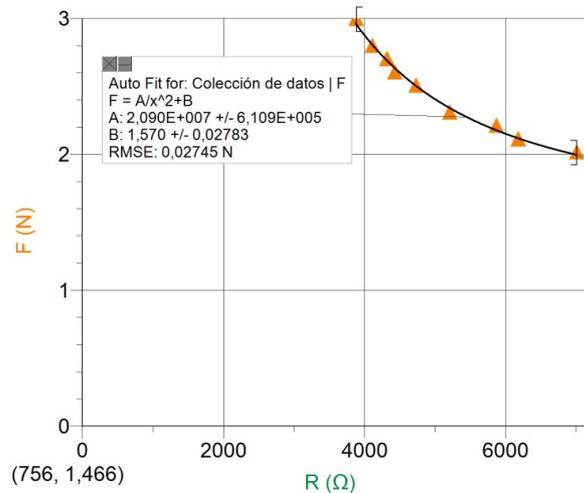
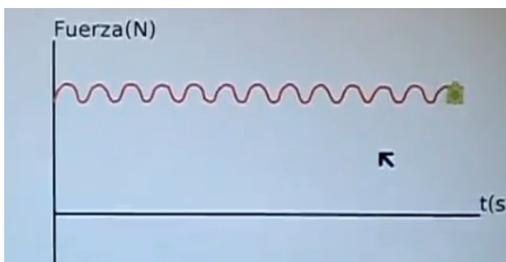
## 14.6 Fuerza

Recientemente han aparecido sensores resistivos de fuerza, conocidos como FSR (Force-Sensing Resistor). Se trata de componentes cuya resistencia depende de la presión que se ejerza sobre ellos. Son de construcción robusta pero su respuesta es de muy baja precisión por lo cual los utilizaremos solamente en forma cualitativa.

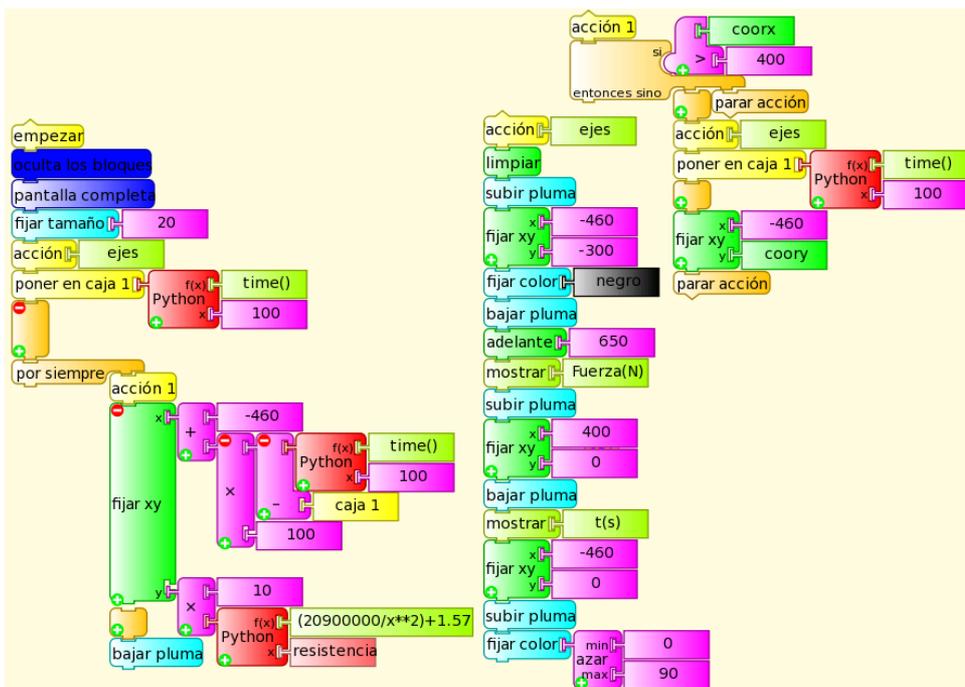
Utilizaremos el modelo FSR402.



Se muestra una gráfica (para calibración)  $F = f(R)$  del peso del cuerpo colocado sobre el sensor en función del promedio de valores de resistencia del mismo (ya que se observa una gran variabilidad en estos valores):



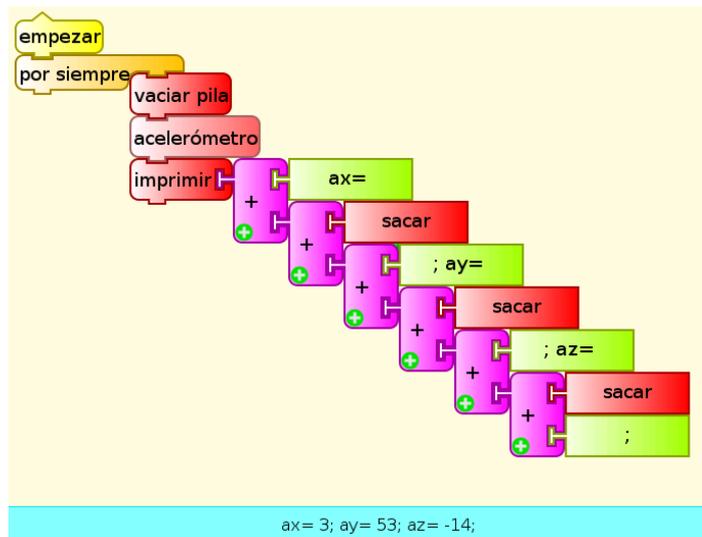
Una programación TB (gráfica loop  $F(N)_t(s)$  .ta) construye la gráfica Fuerza en función del tiempo para un sistema masa-resorte oscilando en la vertical. El sensor FSR se coloca entre el extremo superior del resorte y la base de apoyo del sistema para sensar la fuerza aplicada:



## 14.7 Aceleración

La netbook XO integra un sensor acelerómetro en su hardware a partir del modelo XO1.75. Puede accederse a los datos medidos mediante el *bloque sensor acelerómetro* incluido en TB. Al invocarlo los valores  $a_x$ ,  $a_y$  y  $a_z$  de las componentes medidas según cada dirección espacial se almacenan en el conjunto de direcciones de memoria conocido como *pila*; para acceder a ellas debe utilizarse tres veces el bloque *sacar*. Como toda rutina que utiliza la *pila*, debe vaciarse ésta antes de utilizarla mediante el bloque *vaciar pila*.

Se muestra una programación TB ([acelerómetro.ta](#)) que imprime en la base de la pantalla las componentes antes citadas:



En el modelo de XO1.75 disponible al momento de probar la programación (SKU199) la aceleración se obtenía en unidades arbitrarias donde la aceleración gravitatoria local tomaba valores en el entorno de las 60 ua. Las direcciones espaciales parecían respetar los sentidos siguientes (con respecto a la pantalla de XO ubicada en el plano vertical):

1. **semieje  $x^+$** : de izquierda a derecha de la pantalla.
2. **semieje  $y^+$** : del borde superior de la pantalla al borde inferior
3. **semieje  $z^+$** : del fondo al frente de la pantalla

## 14.8 Frecuencia

### I-Medidas de frecuencia con la Actividad Turtle Blocks:

La **Actividad TB** permite determinar la frecuencia de la componente más intensa de un sonido dado utilizando el bloque sensor *frecuencia*. Sin embargo estas medidas tienen una resolución de  $\pm 8$  Hz, lo cual supone una baja precisión.

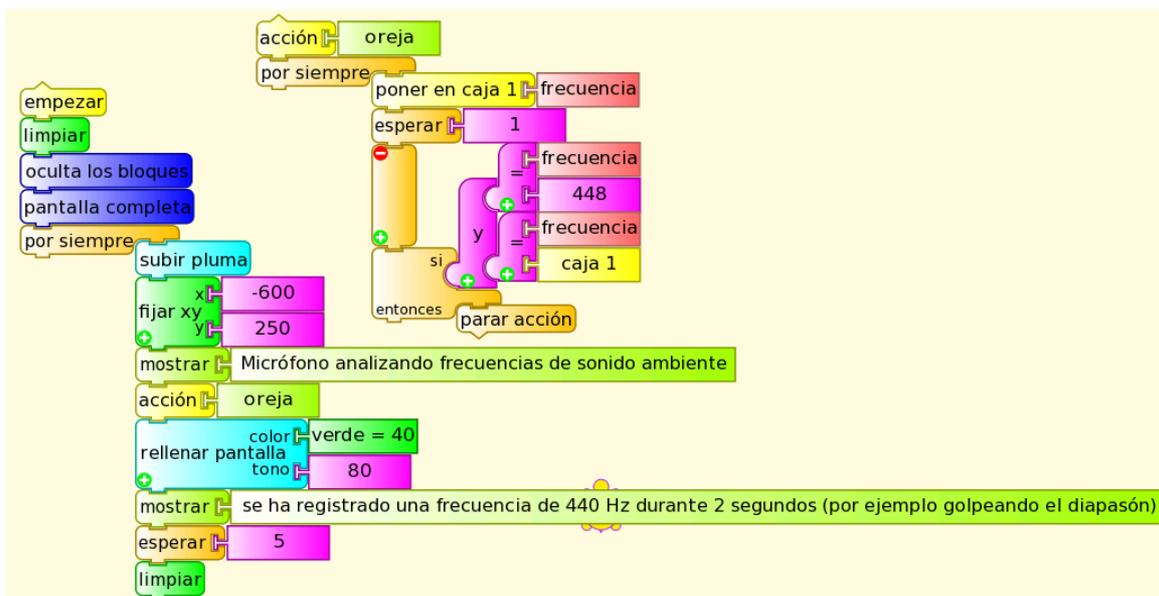
|  |           |
|--|-----------|
| <b>Actividad experimental:</b>   | <b>SI</b> |
| <b>21. Monitor de frecuencia 440 Hz</b>  |           |
| <b>Nivel:</b><br>Primaria, Secundaria Básica, Secundaria Superior (Bachillerato)             |           |
| <b>Objetivos:</b><br>Detectar sonidos de frecuencia 440 Hz con duración mínima de 2 segundos |           |
| <b>Magnitud a medir por XO:</b><br>Frecuencia  |           |
| <b>Tipo de medida:</b><br>Directa  |           |
| <b>Actividad SUGAR:</b><br>TB v.109  |           |
| <b>Modelo de XO utilizado:</b><br>XO1 (SKU5)   |           |
| <b>Sensor a utilizar:</b><br>El micrófono incorporado a XO                                   |           |
| <b>Precauciones a tener en cuenta:</b><br>(ninguna)  |           |

Un diapasón es una horquilla metálica (que puede estar unido a una caja de resonancia como el de la foto) que se usa como referencia para afinar instrumentos musicales; para hacerlo sonar se lo debe golpear suavemente con un martillo con cabeza de goma u otro material blando. La figura muestra uno de ejemplo con un *jinete*: una pieza



metálica que se coloca en una o ambas ramas (en este caso la izquierda) que se utiliza para alterar (a la baja) la frecuencia natural de oscilación.

Se muestra a modo de ejemplo una programación TB ([Oreja 440.ta](#)) que detecta la presencia de un sonido de frecuencia 440 Hz si este tiene una duración mínima de 2 segundos informándolo en pantalla; para activarlo se golpea un diapasón correspondiente a la nota musical *la* 440 Hz. Por supuesto que también se activa cuando alguien emite esta frecuencia entonando la nota correspondiente.



**Nota:** Dentro de la *acción oreja* se monitorea permanentemente si la frecuencia de la componente más intensa detectada se mantiene durante dos segundos igual a 448 Hz, lo cual dispara el mensaje “..se ha registrado...”. Este valor debería ser 440 Hz, pero se usó el valor indicado porque es el que retorna la XO1 utilizada al medir la frecuencia el sonido proveniente del diapasón, lo cual está de acuerdo con el mal desempeño de TB midiendo frecuencias (lo cual se indicó anteriormente).

## II-Medidas de frecuencia con la Actividad Medir.

La **Actividad Medir** nos permite analizar las características de los sonidos que detecta el micrófono incorporado (o cualquier micrófono externo conectado a la XO).

Con esta Actividad puede realizarse un **análisis temporal** mediante el **oscilograma**: una gráfica de la **señal registrada por el micrófono en función de tiempo**, así como un **análisis frecuencial** mediante la gráfica de **Amplitud en función de las frecuencias** presentes; mediante la primera de ellas puede extraerse información (cualitativa) acerca del tipo de señal registrada a partir de la forma del oscilograma (sinusoidal, cuadrada, etc.) y calcular el período  $T$  de la misma. El segundo tipo de gráficas nos permite analizar el espectro de frecuencias presentes en un sonido dado realizando el *análisis armónico (también llamado análisis de Fourier)* de la señal.

### Resumen:

Podemos clasificar cualquier oscilación mecánica u eléctrica de periodo  $T$  (y con ello los sonidos generados por ellas) en armónicas simples o compuestas; las primeras pueden describirse por una función  $y=f(t)$  sinusoidal de frecuencia única (ejemplo: el sonido que produce un diapasón golpeado suavemente por un martillo de goma) mientras que las segundas pueden analizarse como suma de una serie de oscilaciones armónicas de frecuencia fundamental (correspondiente al período  $T$ ) más otras de frecuencias múltiplo aquella, a las cuales llamamos componentes armónicas. Los valores relativos que toman las amplitudes de cada una de las componentes armónicas (entre otros factores) definen lo que se conoce como **timbre** de un sonido, característica que permite distinguir dos instrumentos que están ejecutando la misma nota dentro de la misma octava (igual frecuencia fundamental), como un piano y una guitarra tocando la nota A4 (LA central del piano, 440 Hz).

El análisis armónico es el que nos permite obtener dichas componentes. Esto puede realizarse (bajo ciertas condiciones) mediante la Transformada Discreta de Fourier, a través de un algoritmo de cálculo conocido como Transformada Rápida de Fourier (FFT por su sigla en inglés); se trata de un análisis que nos permite extraer información física fundamental del sonido (u oscilación) estudiado.

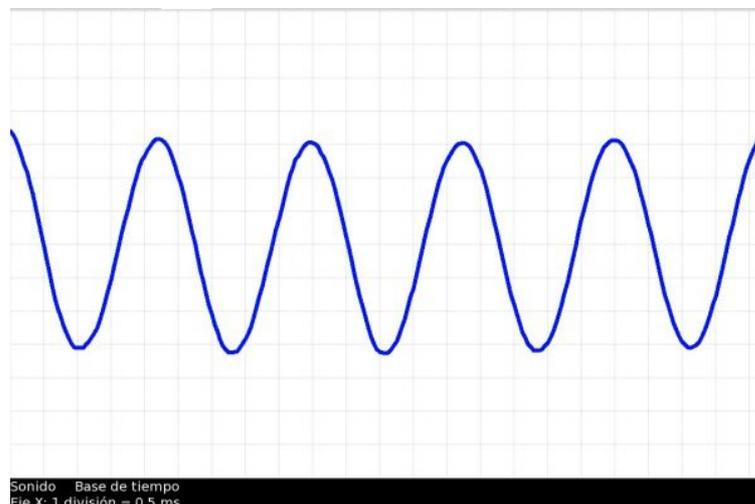
**Fuente:** García (1991).

### Precisión en el cálculo de frecuencias:

En el rango más bajo del **Modo Sonido/Línea base de frecuencia** (hasta 220 Hz), vinculando el oscilograma obtenido con la retícula en la cual se divide la pantalla, pueden hacerse determinaciones de frecuencias con resolución  $\pm 1$  Hz y hasta  $\pm 0.5$  Hz dependiendo del observador. En el rango máximo (hasta 20.000 Hz) se logran determinar frecuencias con resolución  $\pm 50$  Hz. Esto permite utilizar XO como afinador de instrumentos musicales, conociendo las frecuencias de referencia de las notas que debe emitir el mismo. Por todo esto, Medir será la Actividad que utilizaremos para medir frecuencias con XO.

|   |                  |
|---|------------------|
| <p><b>Actividad experimental:</b></p> <p><b>22.Sonidos puros:</b></p> <p><b>Oscilograma del la señal producida por sonido de un diapasón. Cálculo del período y frecuencia.</b></p> <p><b>Gráfica Amplitud en función de frecuencia</b></p> <p><b>A= f (f).</b></p> | <p><b>SI</b></p> |
| <p><b>Nivel:</b></p> <p>Primaria, Secundaria Básica, Secundaria Superior (Bachillerato)</p>   |                  |
| <p><b>Objetivos:</b></p> <p>Caracterización del sonido emitido por un diapasón en base temporal y frecuencial</p>   |                  |
| <p><b>Magnitud a medir por XO:</b></p> <p>Frecuencia</p>  |                  |
| <p><b>Tipo de medida:</b></p> <p>Directa</p>  |                  |
| <p><b>Actividad SUGAR:</b></p> <p>Medir v.42</p>  |                  |
| <p><b>Modelo de XO utilizado:</b></p> <p>XO1 (SKU5)</p>   |                  |
| <p><b>Sensor a utilizar:</b></p> <p>El micrófono incorporado a XO</p>   |                  |
| <p><b>Precauciones a tener en cuenta:</b></p> <p>(ninguna)</p>  |                  |

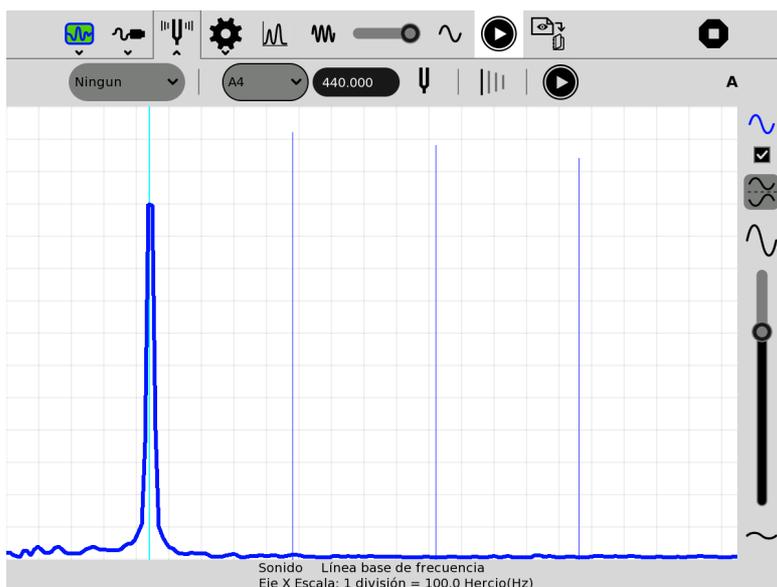
Se ejecuta la Actividad Medir en **Modo Sonido/Línea base de tiempo**, se selecciona la sensibilidad de acuerdo al nivel de sonido ambiente y “Eje X Escala:” en “1 división= 0.5 ms”. Se golpea un diapasón 440 Hz frente al micrófono de XO1 y la imagen muestra el *oscilograma* siguiente:



Puede observarse que el mismo parece ajustarse en forma aceptable a una función

sinusoidal. De las medidas en pantalla y la información de escala puede calcularse el período y la frecuencia correspondiente y se obtiene el valor 444 Hz.

Para averiguar si efectivamente se trata de un **sonido puro** producido por una única frecuencia podemos seleccionar el **Modo Sonido/Línea base de frecuencia**; para analizar la composición frecuencial del sonido hemos seleccionado en “Eje X Escala 1 división= 100.0 HZ”, la nota A4 (440 Hz) y se optó por “mostrar armónicos”, lo cual produce el siguiente gráfico:



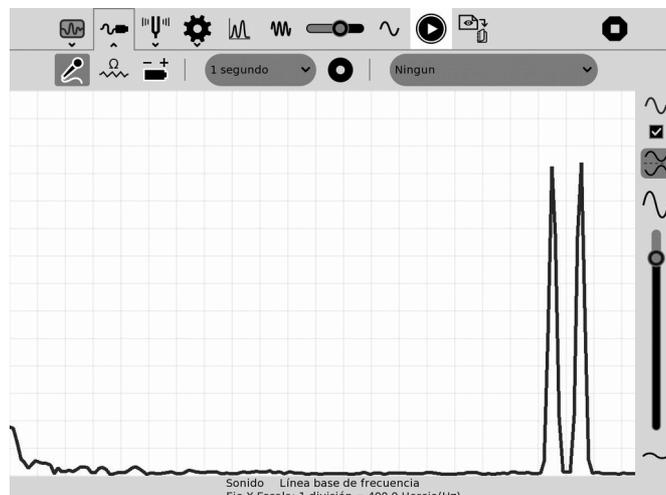
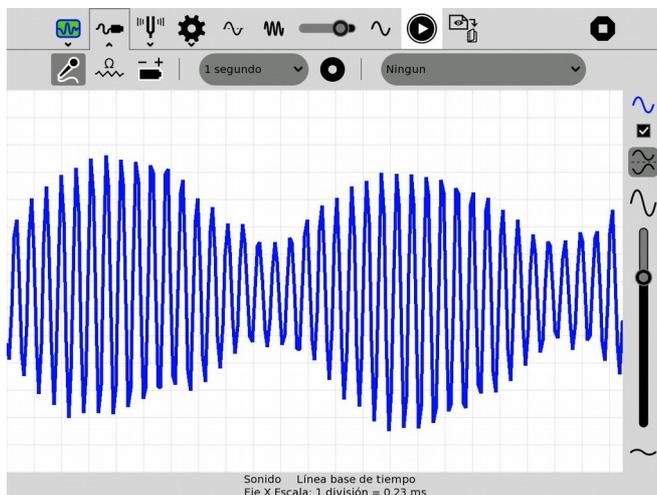
Se observa que el sonido registrado puede definirse como **puro** con una frecuencia del orden de los 442 Hz.

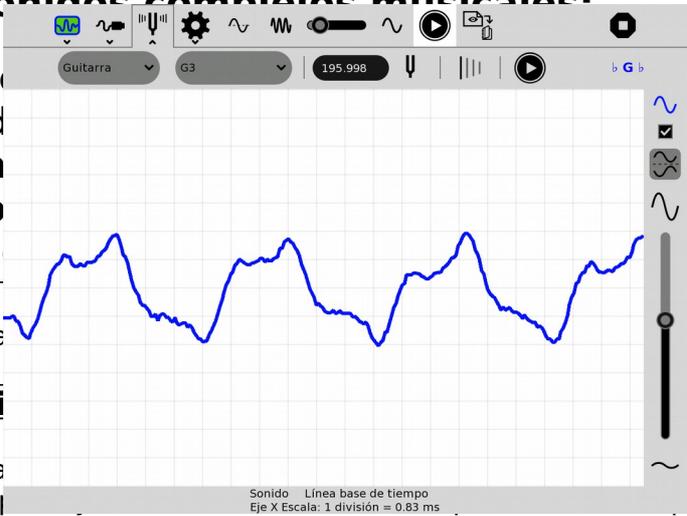
Si se desea definir con mayor precisión la frecuencia, debe seleccionarse otra escala en eje X: en este caso no se hizo para explicitar la ausencia de frecuencias superiores a la producida.

También puede demostrarse que si se golpea el diapasón con un martillo rígido y con mayor intensidad, el sonido inicial obtenido difiere de éste.

|  |                  |
|--|------------------|
| <p><b>Actividad experimental:</b></p> <p><b>23.Superposición de dos Sonidos puros de frecuencias similares: Batidos.</b></p> <p><b>Oscilograma: Cálculo del período y frecuencia de la superposición. Gráfica Amplitud en función de frecuencia <math>A= f (f)</math>.</b></p> | <p><b>SI</b></p> |
| <p><b>Nivel:</b></p> <p>Primaria, Secundaria Básica, Secundaria Superior (Bachillerato)</p>  |                  |
| <p><b>Objetivos:</b></p> <p>Caracterización del sonido a estudiar en base temporal y frecuencial</p>   |                  |
| <p><b>Magnitud a medir por XO:</b></p> <p>Frecuencia</p>   |                  |
| <p><b>Tipo de medida:</b></p> <p>Directa</p>   |                  |
| <p><b>Actividad SUGAR:</b></p> <p>Medir v.42</p>   |                  |
| <p><b>Modelo de XO utilizado:</b></p> <p>XO1 (SKU5)</p>  |                  |
| <p><b>Sensor a utilizar:</b></p> <p>El micrófono incorporado a XO</p>  |                  |
| <p><b>Precauciones a tener en cuenta:</b></p> <p>(ninguna)</p>   |                  |

Se analizará la superposición de dos sonidos puros de frecuencias cercanas. En estos casos, el sonido resultante se conoce como *batido* o *pulsación* porque tiene la particularidad de estar modulado en amplitud. Para producirlo utilizaremos una XO1.5 seleccionando una frecuencia de 7800 Hz en TB. Como se trató anteriormente, el sonido sintetizado es la suma de 7800 Hz y 8200 Hz. Se puede verificar que el sonido tiene una frecuencia promedio de ambas y su amplitud está modulada por una frecuencia que es la diferencia entre ellas.



|   |  |   |
|---|--|---|
| <b>Actividad experimental:</b>  |  |   |
| <b>24. Sonidos complejos musicales:</b><br> |  | <b>SI</b>   |
| <b>Oscil</b>  |  | or el   |
| <b>sonid</b>  |  | de una  |
| <b>guita</b>  |  | o del   |
| <b>perío</b>  |  | d en  |
| <b>funci</b>  |  |   |
| <b>Nivel:</b>   |  |   |
| Primaria  |  | (rato)  |
| <b>Objeti</b>   |  |   |
| Cara  |  | una guitarra en base                                    |
| tem   |  | pulsada como uno de                                     |
|   |  | los factores que definen el timbre del sonido generado. |
| <b>Magnitud a medir por XO:</b>   |  |   |
| Frecuencia  |  |   |
| <b>Tipo de medida:</b>  |  |   |
| Directa   |  |   |
| <b>Actividad SUGAR:</b>   |  |   |
| Medir v.42  |  |   |
| <b>Modelo de XO utilizado:</b>  |  |   |
| XO1 (SKU5)  |  |   |
| <b>Sensor a utilizar:</b>   |  |   |
| El micrófono incorporado a XO   |  |   |
| <b>Precauciones a tener en cuenta:</b>  |  |   |
| (ninguna)   |  |   |

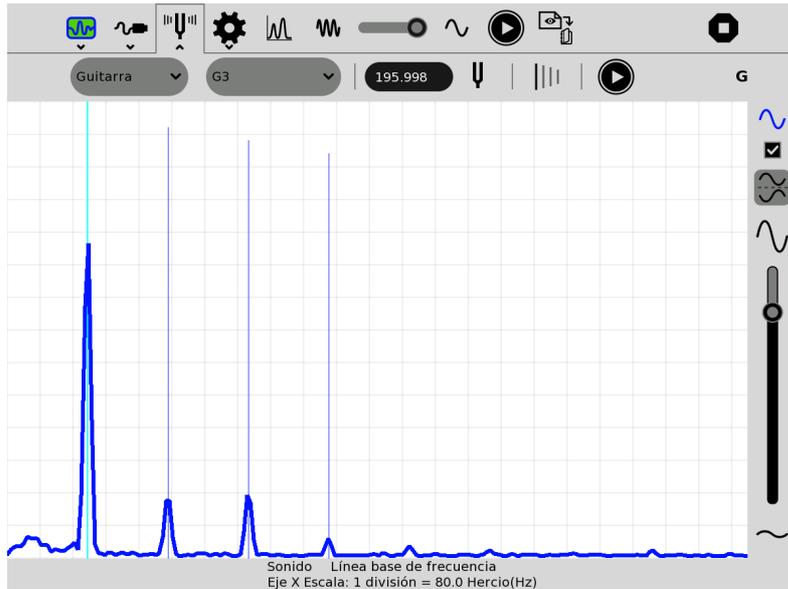
La mayoría de los sonidos no son puros, sino que pueden analizarse como la superposición de sonidos puros de frecuencias diferentes, y son llamamos **sonidos complejos**; entre ellos existe una clase particular cuyas componentes tienen frecuencias que son múltiplos de una frecuencia que llamamos fundamental: a esta clase particular se les llama **sonidos musicales**. Son, entre otros, los sonidos emitidos por los instrumentos musicales.

Analizaremos el sonido producido al pulsar la cuerda *tercera* (se numeran desde abajo hacia arriba) de una guitarra española en la mitad de su longitud ( $L/2$ ). El sonido emitido por dicha cuerda corresponde a la nota *sol* (G3, 196 Hz).

Para obtener el oscilograma ejecutamos la Actividad Medir en **Modo Sonido/Línea base de tiempo**, se selecciona la sensibilidad de acuerdo al nivel de sonido ambiente y “Eje X Escala:” en “1 división= 0.83 ms”, para obtener:

Claramente la función es periódica (con frecuencia en el orden de la esperada) y no se ajusta a la función sinusoidal.

Para realizar un análisis frecuencial seleccionamos el **Modo Sonido/Línea base de frecuencia**, lo cual produce el siguiente gráfico:



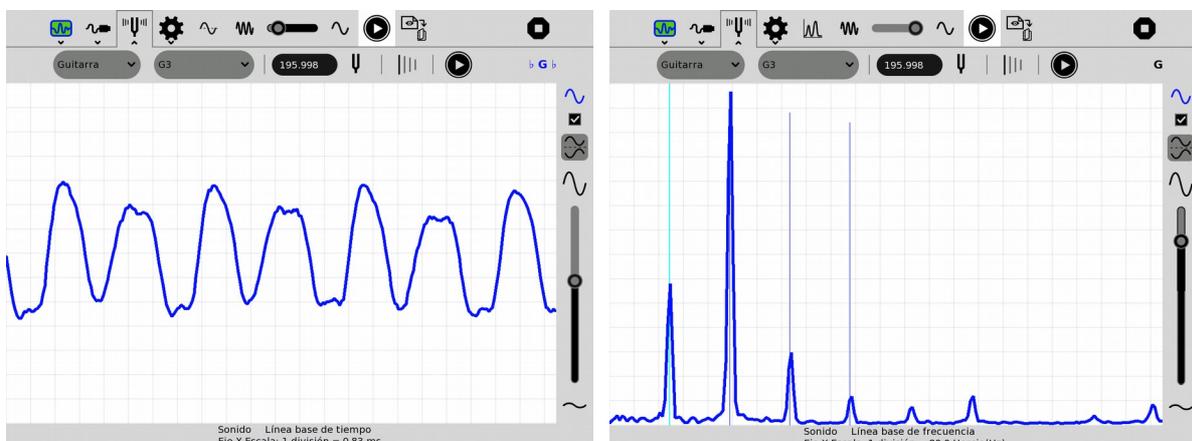
Al seleccionar *Guitarra*, *nota G3* y “*mostrar armónicos*”, queda en evidencia que el sonido es complejo, compuesto por componentes de frecuencias múltiplo de la que da nombre a la nota, es decir 196 Hz; esto lo caracteriza como un *sonido musical*, en el cual se llaman componentes armónicas a los sonidos puros que la forman. Se puede ver que al pulsar la cuerda en su mitad ( $L/2$ ), la componente de amplitud máxima corresponde a la frecuencia fundamental de 196 Hz (y al modo estacionario de oscilación que llamamos *primer armónico*  $n=1$ ).

Esta selección de opciones en Medir nos permite afinar el instrumento guiándonos por las líneas de referencia de las frecuencias correspondientes a la nota de cada cuerda (y las de sus componentes armónicas).

### ¿Por qué la cuerda suena diferente si la pulsamos en otro punto?

Al pulsar la cuerda en otro punto sin duda se emite la misma nota, pero se modifica la característica del sonido que llamamos **timbre**. Veamos en qué consiste esa modificación:

Se pulsa la misma cuerda (*tercera*) a un cuarto de su longitud ( $L/4$ ) medida desde el puente (donde se fijan las cuerdas a la caja de resonancia):



Del oscilograma podemos confirmar que se trata de un sonido complejo de características diferentes al anterior, pero de igual período; la información que nos

brinda el análisis frecuencial muestra claramente que se trata de la misma serie de frecuencias pero con diferente composición armónica: en este caso la componente de amplitud máxima corresponde al modo estacionario de oscilación que llamamos *segundo armónico*  $n=2$  cuya frecuencia es  $2 \times 196 \text{ Hz} = 392 \text{ Hz}$ .

|   |                  |
|---|------------------|
| <p><b><u>Actividad experimental:</u></b></p> <p><b>25.Sonidos complejos musicales:</b></p> <p><b>Interacción entre las cuerdas de la guitarra. Resonancia. Gráfica Amplitud en función de frecuencia <math>A= f (f)</math>.</b></p> | <p><b>SI</b></p> |
| <p><b>Nivel:</b><br/>Primaria, Secundaria Básica, Secundaria Superior (Bachillerato)</p>  |                  |
| <p><b>Objetivos:</b></p> <p style="padding-left: 40px;">Interacción entre las cuerdas de la guitarra de acuerdo a sus componentes armónicas.</p>  |                  |
| <p><b>Magnitud a medir por XO:</b><br/>Frecuencia</p>   |                  |
| <p><b>Tipo de medida:</b><br/>Directa</p>   |                  |
| <p><b>Actividad SUGAR:</b><br/>Medir v.42/ TB v.109</p>   |                  |
| <p><b>Modelo de XO utilizado:</b><br/>XO1 (SKU5)</p>  |                  |
| <p><b>Sensor a utilizar:</b><br/>El micrófono incorporado a XO</p>  |                  |
| <p><b>Precauciones a tener en cuenta:</b><br/>(ninguna)</p>   |                  |

La seis cuerdas de una guitarra constituyen un sistema físico complejo que interactúa entre sí, con el resto de componentes de la estructura del instrumento, con la masa de aire dentro y fuera de la caja, etc.; esta íntima relación de componentes determina la acústica del instrumento, un arte muy sutil que pueden manejar los Luthiers que las construyen y los músicos que las hacen sonar. En particular consideraremos la interacción que existe entre los modos normales de oscilación de cada cuerda en relación con las demás.



Para comenzar analicemos la información resumida en el cuadro siguiente:

| Nº Cuerda | Nota | f <sub>1</sub> (Hz) | f <sub>2</sub> (Hz) | f <sub>3</sub> (Hz) | f <sub>4</sub> (Hz) |
|-----------|------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 6         | E2   | 082.4               | 164.8               | 247.2               | 329.6               |
| 5         | A2   | 110.0               | 220.0               | 330.0               | 440.0               |
| 4         | D3   | 146.8               | 293.6               | 440.4               | 587.2               |
| 3         | G3   | 196.0               | 392.0               | 588.0               | 784.0               |
| 2         | B3   | 246.9               | 493.8               | 740.7               | 987.6               |
| 1         | E4   | 329.6               | 659.2               | 988.8               | 1318.4              |

En él se incluyen las frecuencias correspondientes a los cuatro primeros armónicos de cada cuerda: cuando una cuerda se pulsa se emiten en forma simultánea los primeros armónicos, con amplitudes que dependen del punto donde fue pulsada (como ya se vio) y de la calidad del instrumento disponible. Los más económicos son pobres en cantidad de armónicos (se excita solamente el modo  $n=1$  o bien los primeros dos modos  $n=1$  y  $n=2$  solamente) además de amortiguarse muy rápidamente.

Cuando disponemos de cierta riqueza armónica se puede comprobar lo siguiente: cuando la frecuencia de los armónicos excitados en la cuerda pulsada coinciden con las frecuencias de alguno de los que emitiría alguna de las otras cuerdas, ésta comienza a vibrar; a este fenómeno físico donde un oscilador excita a otro por el acuerdo entre sus frecuencias se lo conoce como **resonancia**.

Esto también se percibe cuando las frecuencias tienen valores muy cercanos. Por ejemplo, en el cuadro se han notado en igual color las coincidencias y cercanías de las frecuencias de las seis cuerdas cuando se pulsan al aire (vibrando en toda su longitud):

1- se observa (en color verde) que las frecuencias del 4º armónico de la cuerda 6ª (329.6 Hz) y la del 1er armónico de la cuerda 1ª coinciden, y este valor está muy próximo a la frecuencia del 3er. armónico de la cuerda 5ª:

2- se observa (en color amarillo) que las frecuencias del 3er. armónico de la cuerda 6ª (247.2 Hz) y la del 1er armónico de la cuerda 2ª están muy próximas;

3-también se observa (en color celeste) que las frecuencias del 4º armónico de la cuerda 5ª (440 Hz) y la del 3er armónico de la cuerda 4ª están muy próximas.

**Lo anterior prevé que al pulsar (“al aire”) alguna de las cuerdas 6ª, 5ª, 2ª o 1ª, el resto del conjunto se excitan y que esto también sucede entre las cuerdas 5ª y 4ª.**

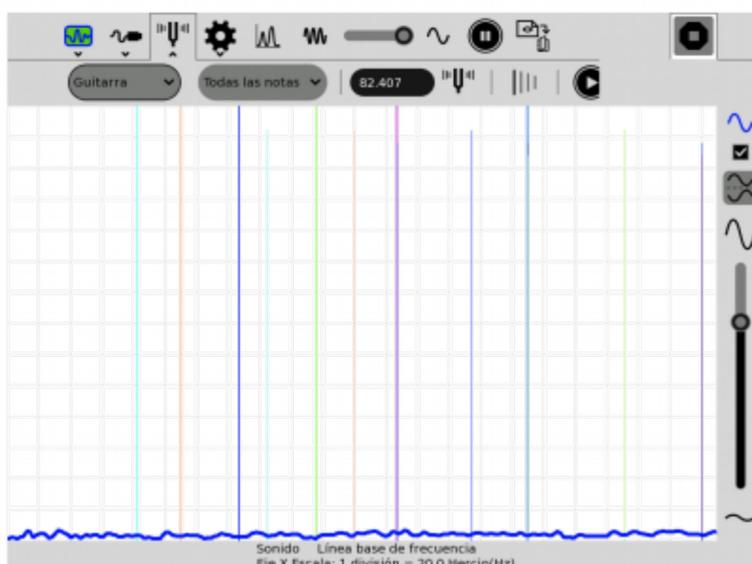
Para demostrar que al pulsar una cuerda otra se excita, primero debe afinarse cuidadosamente el instrumento y luego puede seguirse alguno estos procedimientos:

a- se pulsa la cuerda excitadora y se observa a simple vista que la cuerda a excitar comienza a vibrar en forma apreciable; si esto no sucede:

b- se corta un trozo pequeño y ligero de papel, se lo dobla y coloca en el punto medio de la cuerda a excitar, se pulsa la cuerda excitadora y el papel comienza a vibrar haciendo observable los movimientos de la cuerda; en caso de no obtener resultados con este método:

c- se pulsa la cuerda excitadora e inmediatamente se apoyan los dedos sobre ella y todo el resto de las cuerdas (“apagándolas” para impedir que oscilen) a excepción de la que se quiere excitar: se escucha el sonido emitido por la cuerda excitada, explicitando las oscilaciones que la vista no detecta pero el oído sí.

Las coincidencias y proximidades entre los valores de las frecuencias anteriormente citadas puede explicitarse con la *Actividad Medir/Sonido/Línea base de frecuencia* seleccionando en “Eje X Escala: 1 división=20.0 Hz”, entre los instrumentos disponibles *Guitarra*, en las notas *todas las notas* y habilitando la opción *mostrar armónicos*, como se ve en la figura:



## 14.9 Otras aplicaciones

|   |          |
|---|----------|
| <b>Actividad experimental:</b><br><br><b>26.Modos Normales de oscilación de una placa metálica: Figuras de Chladni</b>  | <b>X</b> |
| <b>Nivel:</b><br>Secundaria Superior (Bachillerato)   |          |
| <b>Objetivos:</b><br>Se sintetiza un sonido puro el cual se amplifica mediante parlantes amplificados comunes de PC para alimentar un woofer que excita modos normales de oscilación de una placa metálica. |          |
| <b>Magnitud a medir por XO:</b><br>No corresponde   |          |
| <b>Tipo de medida:</b><br>No corresponde  |          |
| <b>Actividad SUGAR:</b><br>Pippy o TB en SUGAR, o bien Audacity en LINUX  |          |
| <b>Modelo de XO utilizado:</b><br>XO1, XO1.5, XO1.75  |          |
| <b>Sensor a utilizar:</b><br>Ninguno  |          |
| <b>Precauciones a tener en cuenta:</b><br>(ninguna)   |          |

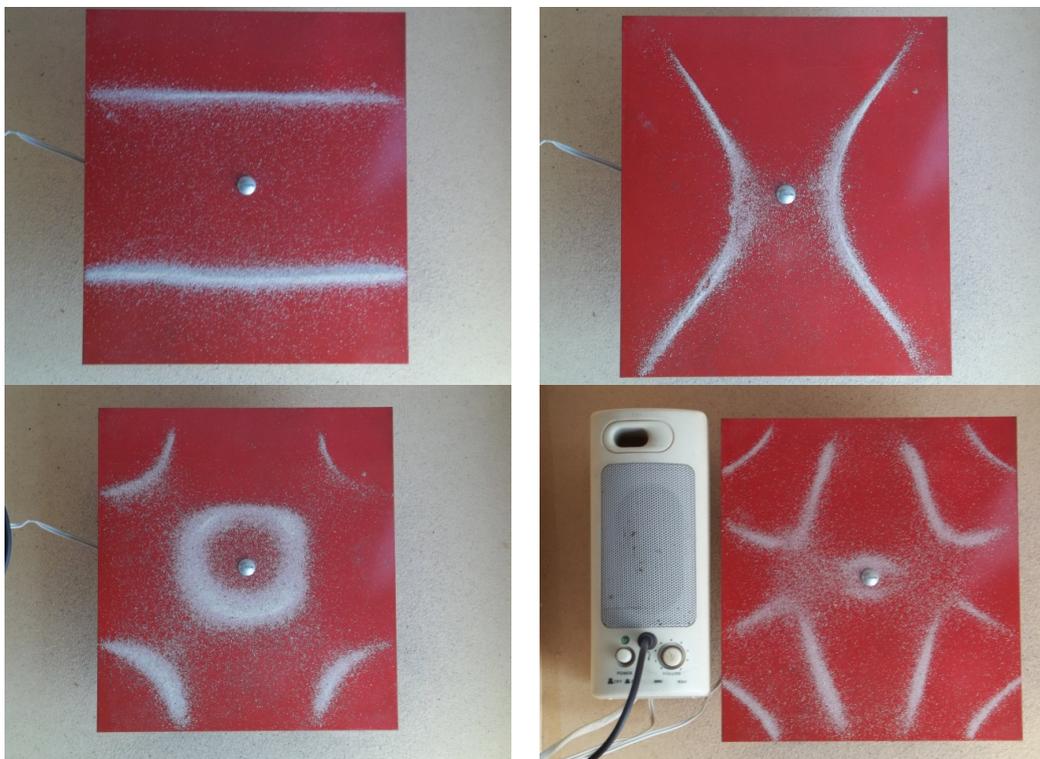
“E. F. Chladni (1756-1827) ideó un método para hacer visibles las vibraciones de una placa metálica sujeta en un punto o apoyada en tres o más puntos. Arena fina espolvoreada sobre la placa se queda en reposo a lo largo de las líneas nodales en donde no existe movimiento. La placa puede excitarse pulsándola con un arco de violín o manteniendo un trozo pequeño de hielo seco contra la placa.” French (1974).

Tomaremos una placa metálica unida por su centro al cono móvil de un parlante para bajas frecuencias (woofer) de 5” de diámetro y 8  $\Omega$ . El mismo está conectado a la salida para auriculares de un par de parlantes amplificadores de PC (en este caso el circuito amplificador está basado en el integrado CD2025). Estos parlantes amplificarán el sonido puro producido por la XO. Para sintetizar las frecuencias deseadas podemos utilizar cualquiera de los métodos descritos en el capítulo “10 La conversión Digital a Analógica”.

Inicialmente se adhiere al cono del woofer una pieza separadora de forma que la placa (que se fijará luego a ella) oscile sin tocar el borde del parlante (en nuestro caso utilizamos una válvula plástica de desagüe para pileta de cocina). Esta pieza debe colocarse de tal forma que quede centrada en el cono y de forma tal que la placa metálica pueda oscilar en dirección vertical.

Se espolvorea arena seca y fina (debe tamizarse previamente para lograr mejores resultados) y a continuación se comienzan a sintetizar frecuencias crecientes con XO: cuando se alcanza uno de los modos normales de oscilación la placa vibra violentamente en ciertas zonas separadas por zonas de no vibración (zonas nodales) donde se acumula la arena.

Las fotos siguientes muestran nuestros resultados para los primeros tres modos más destacados, correspondientes a las frecuencias 109, 136, 315 y 433 HZ; la última foto muestra el parlante utilizado para amplificar el sonido que excita el woofer (oculto bajo la placa):



|  |                 |
|--|-----------------|
| <p><b><u>Actividad experimental:</u></b></p> <p><b>27.Modos Normales de oscilación de un aro metálico. Cuantización de energías en el átomo de Hidrógeno (Hipótesis de de Broglie).</b></p>  | <p><b>X</b></p> |
| <p><b><u>Nivel:</u></b></p> <p>Secundaria Superior (Bachillerato)</p>  |                 |
| <p><b><u>Objetivos:</u></b></p> <p>Se sintetiza un sonido puro el cual se amplifica mediante parlantes amplificados comunes de PC para alimentar un parlante que excita modos normales de oscilación de un aro metálico. Introducción al concepto de ondas asociada de de Broglie.</p> |                 |
| <p><b><u>Magnitud a medir por XO:</u></b></p> <p>No corresponde</p>  |                 |
| <p><b><u>Tipo de medida:</u></b></p> <p>No corresponde</p>   |                 |
| <p><b><u>Actividad SUGAR:</u></b></p> <p>Pippy o TB en SUGAR, o bien Audacity en LINUX</p>   |                 |
| <p><b><u>Modelo de XO utilizado:</u></b></p> <p>XO1, XO1.5, XO1.75</p>   |                 |
| <p><b><u>Sensor a utilizar:</u></b></p> <p>Ninguno</p>   |                 |
| <p><b><u>Precauciones a tener en cuenta:</u></b></p> <p>(ninguna)</p>  |                 |

El estudio de la cuantización de energías en el átomo de Hidrógeno puede introducirse mediante una observación elemental: si se excita un aro metálico (en nuestro caso utilizamos una porción de una cuerda de un reloj despertador mecánico de desecho) en un punto cercano al de sujeción, se observará que para ciertos valores de frecuencia se excitan estados estacionarios de oscilación de tal forma que su perímetro es igual a un número entero de longitudes de onda.

*“Nuestro primer paso consiste en examinar el movimiento de un electrón ... en el campo eléctrico de un núcleo que contiene Z cargas elementales. Nos referiremos a esta clase de sistemas denominándolo átomo semejante al de Hidrógeno. Desde el punto de vista de la mecánica newtoniana, este tipo de átomo se parece al sistema Tierra-Luna.. Hasta aquí podemos llegar con la mecánica newtoniana. Ninguna de éstas expresiones “-(Nota: se refiere a las ecuaciones que permiten calcular la energía total del electrón en el átomo de Hidrógeno)- “sugiere que la energía total tenga alguna restricción en sus valores y, por consiguiente, no pueden explicar las líneas discretas del espectro del Hidrógeno...Hemos visto..que la naturaleza ondulatoria de las partículas se hace presente por sí misma en cuanto todas las distancias que aparezcan en el experimento sean pequeñas comparadas con la longitud de onda de de Broglie. En nuestro caso podemos esperar que la mecánica newtoniana será adecuada en tanto que la circunferencia de la órbita,  $2\pi r \gg \lambda$ , longitud de onda de de Broglie...Para que el diagrama ondulatorio forme una onda estacionaria en este canal circular, su circunferencia deberá ser un número entero de la longitud de onda:*

$$\frac{2\pi r}{\lambda} = n$$

*Siendo  $n$  un número grande. Si  $n$  sólo puede tomar valores enteros, entonces  $E$ ” (refiere a la energía total del electrón) “resultará ser también discreta...” PSSC (1970).*

Para hacerlo procederemos sintetizando sonidos puros con XO, amplificándolos mediante parlantes amplificadas comunes de PC (se utilizaron los mismos que en la actividad anterior) y alimentando un parlante que se une al aro mediante un adhesivo flexible cualquiera. Se barren frecuencias crecientes hasta observar un modo estacionario de oscilación. En el punto de sujeción el aro no podrá oscilar, por lo que allí está impuesto un nodo (punto de oscilación nula). En el primer modo estacionario de oscilación ( $n=1$ ), el perímetro coincide con  $\lambda$ , observándose un segundo nodo en la posición diametralmente opuesta. Al aumentar la frecuencia de excitación se obtiene el modo  $n=2$ , en el cual el perímetro contiene  $2 \lambda$ : este modo presenta 4 nodos y 4 antinodos (zonas de máxima amplitud ubicadas entre nodos) lo que se muestra en la foto:



|   |                                 |
|---|---------------------------------|
| <p><b><u>Actividad experimental:</u></b></p> <p><b>28.Gramófono con XO</b></p> <p>-</p>   | <p><b>Mic<br/>ext<br/>.</b></p> |
| <p><b><u>Nivel:</u></b></p> <p>Primaria / Secundaria Básica (CB)</p>  |                                 |
| <p><b><u>Objetivos:</u></b></p> <p>Reproducir el audio grabado en un disco de pasta utilizando una aguja como púa, un estetoscopio como fonocaptor mecánico, un micrófono y XO como amplificador.</p> |                                 |
| <p><b><u>Magnitud a medir por XO:</u></b></p> <p>Señal de audio captada por un micrófono externo</p>  |                                 |
| <p><b><u>Tipo de medida:</u></b></p> <p>Directa</p>   |                                 |
| <p><b><u>Actividad SUGAR:</u></b></p> <p>Terminal</p>   |                                 |
| <p><b><u>Modelo de XO utilizado:</u></b></p> <p>XO1 (SKU5)</p>  |                                 |
| <p><b><u>Sensor a utilizar:</u></b></p> <p>Micrófono externo</p>  |                                 |
| <p><b><u>Precauciones a tener en cuenta:</u></b></p> <p>(ninguna)</p>   |                                 |

Podemos obtener el audio grabado en el surco de un disco de pasta (o vinilo aunque el procedimiento en este caso lo daña) montando el siguiente dispositivo:

- 1- Disco de pasta (o en su defecto uno de vinilo que se pueda dañar)
- 2- bandeja tocadiscos
- 3- aguja de coser (como púa que estará en contacto con el surco)
- 4- estetoscopio (aparato médico para escuchar latidos cardíacos, etc.)
- 5- micrófono externo de diámetro pequeño
- 6- tubo de goma que conecte el estetoscopio con el micrófono
- 7- XO

Se fija la aguja de coser al diafragma del estetoscopio (ubicado en su campana) de forma que las vibraciones de la aguja (producidas por los sonidos registrados en el surco) se transfieran a ella.

Se conecta el tubo de salida de la campana del estetoscopio al tubo de goma que tiene en su otro extremo el micrófono; se conecta éste a la entrada de micrófono externo de XO.

Se pone en funcionamiento la bandeja con la aguja apoyada en el surco.

Para amplificar el sonido que capta el micrófono y escucharlo por los parlantes de XO (o por auriculares conectados a ella) se abre la Actividad Terminal y se ejecuta el comando **arecord|aplay**.



Si se desea escuchar a mayor volumen pueden conectarse un par de parlantes amplificados a la salida de auriculares de XO.

|  |                 |
|--|-----------------|
| <p><b>Actividad experimental:</b></p> <p><b>29.Cargador de XO como fuente de voltaje (fijo y ajustable): Montaje de lámparas (iguales) en serie y paralelo</b></p>   | <p><b>X</b></p> |
| <p><b>Nivel:</b></p> <p>Primaria / Secundaria Básica (CB)</p>  |                 |
| <p><b>Objetivos:</b></p> <p>Montaje para utilizar el cargador como fuente de voltaje en experimentos de circuitos de corriente continua. Diseño elemental de circuito regulador de voltaje con integrado LM317</p> |                 |
| <p><b>Magnitud a medir por XO:</b> No corresponde</p>  |                 |
| <p><b>Tipo de medida:</b> No corresponde</p>   |                 |
| <p><b>Actividad SUGAR:</b> No corresponde</p>  |                 |
| <p><b>Modelo de XO utilizado:</b></p> <p>Cargadores de XO1, XO1.5 y XO1.75</p>   |                 |
| <p><b>Sensor a utilizar:</b> No corresponde</p>  |                 |
| <p><b>Precauciones a tener en cuenta:</b></p> <p style="color: red;">Las usuales al trabajar con fuentes de voltaje continuo: deberá observarse la polaridad y evitarse cortocircuitos.</p>                        |                 |

Toda XO tiene en su cargador una fuente de voltaje DC que puede utilizarse para experimentos en circuitos de corriente eléctrica.

Los cargadores son fuentes de tensión integradas que proveen voltajes e intensidades que dependen del modelo de XO para la cual están diseñados:

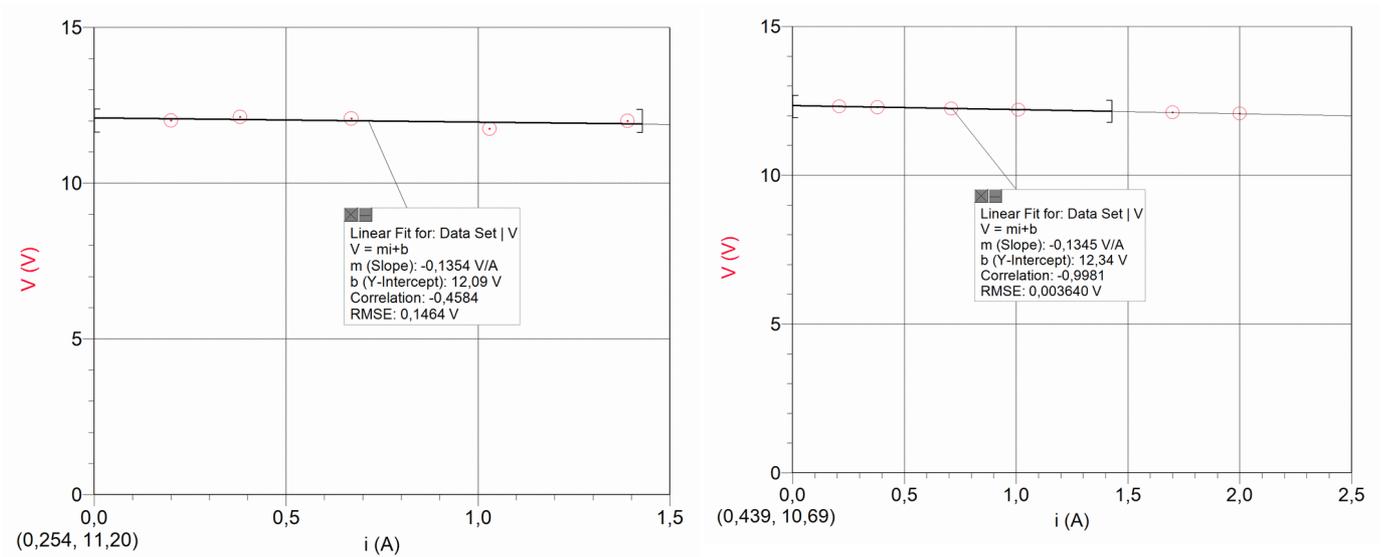
**XO1:**

**Voltaje DC 12 V**  
**intensidad nominal  $i_{nom} = 1.42 \text{ A}$**   
**Potencia nominal 17 W**

**XO1.5 y XO1.75:**

**Voltaje DC 12 V**  
**intensidad nominal  $i_{nom} = 2 \text{ A}$**   
**Potencia nominal 24 W**

Para caracterizarlos se obtuvieron las siguientes gráficas  $V = f(i)$  conocidas como curvas características de estas fuentes de voltaje (izquierda: cargador de XO1, derecha: XO1.5 y XO1.75):



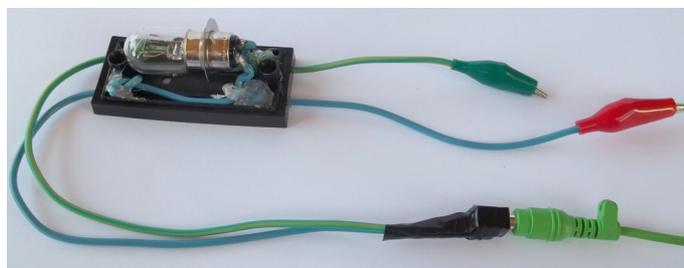
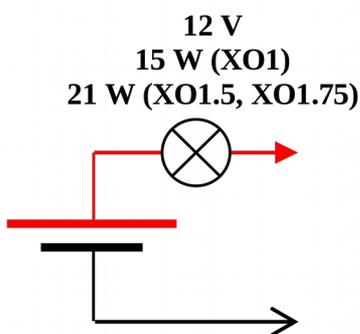
De acuerdo a la información disponible y a pruebas realizadas, los cargadores tienen la capacidad de soportar cortocircuitos, pero para su cuidado los consideraremos fuentes capaces de entregar 12 V DC a una intensidad máxima igual a la nominal.

Una pieza necesaria para el montaje es el conector de placa del cargador: se trata de un conector de alimentación coaxial (*coaxial power connector*) con diámetro externo de 6 mm y diámetro de pin interno de 1.65 mm, el cual no se consigue en plaza con facilidad<sup>9</sup>. La foto muestra la conexión realizada para alimentar un foco 12 V & 3 W de tres LED de alto brillo, el cual utilizamos para iluminar el *sensor mano* de la actividad experimental “Bienvenida”:



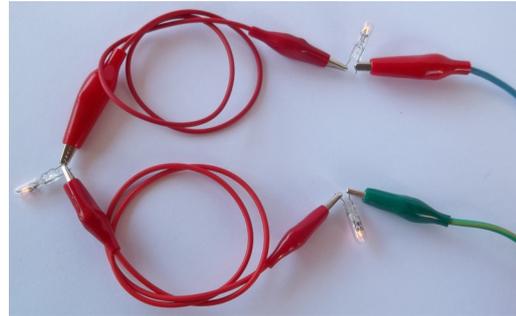
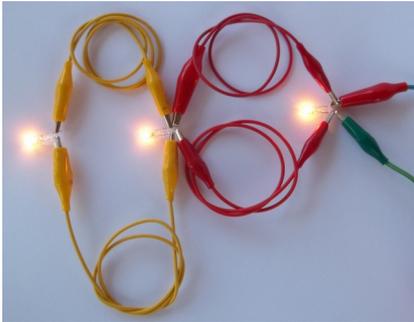
Para proteger los cargadores en forma sencilla y con componentes de bajo costo, se monta en serie a la salida del cargador una lámpara de 12V y 15 W (para XO1) o 12V y 21W (para XO1.5 y XO1.75): estas se consiguen fácilmente en plaza porque son de uso común en autos y/o motos.

Los cables de salida se terminan en un par de pinzas cocodrilo con colores que identifiquen los polos. Los cables se cortan de longitudes diferentes para evitar contactos entre ellos.



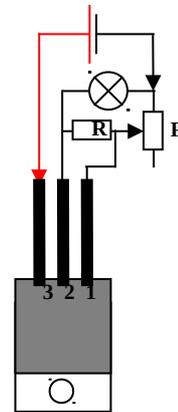
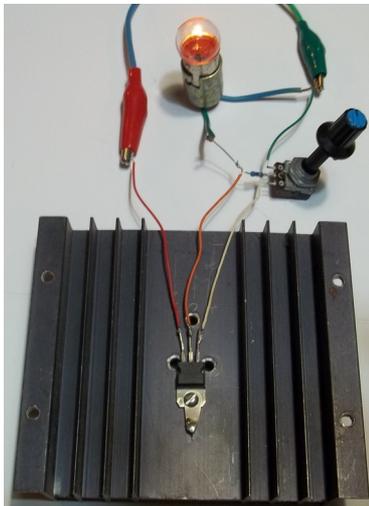
<sup>9</sup> Agradecemos al Ing. Luis Uriarte (Plan Ceibal) el préstamo de dos conectores utilizados para pruebas.

Como experimento introductorio de circuitos pueden montarse lámparas iguales en paralelo y en serie. Utilizaremos un modelo de bajo costo de 12V & 3W. Se muestran en las figuras los posibles montajes:



A

menudo es útil disponer de una fuente de tensión ajustable para lo cual se incluye este circuito absolutamente elemental que puede servir de primer modelo; se basa en el integrado LM317T (precio aproximado \$U 40, U\$S 2) montado sobre disipador de calor y unido a un resistor de  $R = 240 \Omega$  y a un potenciómetro  $P = 5 \text{ k}\Omega$ . El voltaje de entrada está provisto por el cargador de XO (en este caso sin lámpara de protección contra sobrecargas):



Los terminales del LM317 se corresponden con:

Positivo del Voltaje de alimentación  $V_{in}$  (3),  
Positivo Salida de Voltaje ajustado  $V_{out}$  (2) y  
Ajuste **Adj** (1).

El voltaje de salida puede ajustarse en los siguientes rangos:

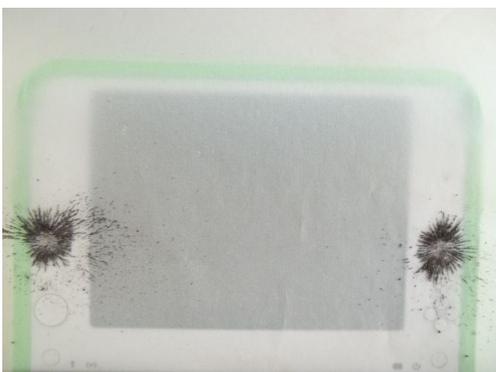
**1.25 V a 9.0 V (intensidad máxima 1.42 A) para el cargador de XO1, o bien**

**1.25 V a 8.5 V (intensidad máxima 2.0 A) para el cargador de XO1.5 y XO1.75.**

|  |                 |
|--|-----------------|
| <p><b>Actividad experimental:</b></p> <p><b>30. Espectro magnético de XO. Montaje de un motor eléctrico utilizando el imán de cierre de XO</b></p>   | <p><b>X</b></p> |
| <p><b>Nivel:</b></p> <p>Primaria / Secundaria Básica (CB)</p>  |                 |
| <p><b>Objetivos:</b></p> <p>Mapeo del campo magnético de XO para descubrir la existencia de los imanes incorporados en algunos componentes de XO. Montaje de un motor DC basado en el imán de cierre.</p>  |                 |
| <p><b>Magnitud a medir por XO:</b> No corresponde</p>  |                 |
| <p><b>Tipo de medida:</b> No corresponde</p>   |                 |
| <p><b>Actividad SUGAR:</b> No corresponde</p>  |                 |
| <p><b>Modelo de XO utilizado:</b></p> <p>XO1, XO1.5, XO1.75</p>  |                 |
| <p><b>Sensor a utilizar:</b> No corresponde</p>  |                 |
| <p><b>Precauciones a tener en cuenta:</b></p> <p>Como se trabajará con limaduras de hierro debe tenerse especial precaución en cubrir totalmente la XO con una bolsa traslúcida para evitar que estas partículas ingresen a la netbook y la dañen en forma permanente.</p> |                 |

**Mapeo de campo magnético:**

Este método práctico nos permite explorar una región del plano para evidenciar la existencia de un campo magnético de cierta intensidad, como los creados por imanes o intensidades de corriente importantes. Lo hacemos dejando caer limaduras de hierro sobre un papel de calco colocado sobre la zona a explorar (se recomienda cubrir toda la XO con una bolsa traslúcida para evitar daños) a la vez que golpeamos repetidamente la superficie para favorecer la distribución de limaduras. En este caso lo hicimos sobre una XO1:



(Imagen superior) A la izquierda Pantalla de frente: se detectan los imanes de los parlantes; a la derecha Pantalla de atrás: ídem.



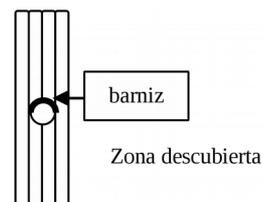
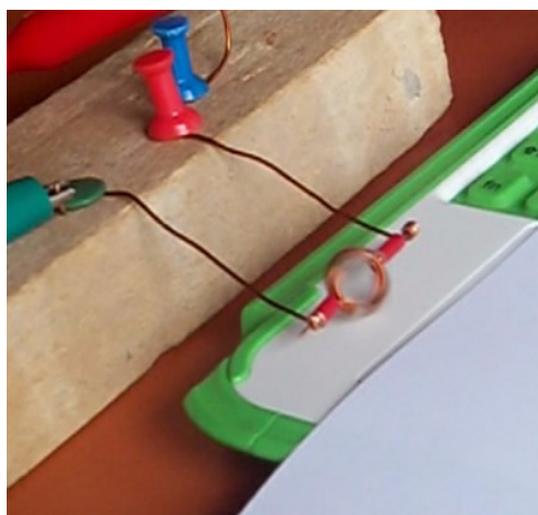
(Imagen superior) A la izquierda Teclado vista superior: se detecta el potente imán de cierre de la XO; derecha Teclado vista inferior: ídem.

Montaremos un motor de corriente continua en base a este potente imán, un alambre bobinado, dos soportes entre cuyos extremos girará el bobinado y una pila AA de alimentación.

### **Montaje de un motor eléctrico:**

Se propone montar un motor de corriente continua de diseño ampliamente difundido pero construido en base a nuestra XO. Para hacerlo debemos conseguir un trozo de alambre de bobinar motores (barnizado) de un diámetro de unos 0.80 mm, que puede obtenerse de un motor dañado: se bobinan unas 4 a 6 espiras de alambre sobre el cuerpo cilíndrico de un lápiz o de una lapicera (diámetro en el entorno de los 8 mm).

El bobinado, que llamaremos *rotor*, debe terminarse con dos trozos de alambre que salgan en sentidos diametralmente opuestos; a uno de ellos se le quita totalmente el barniz aislante y al otro únicamente en la mitad inferior, si se colocan en el plano vertical las espiras y se lo mira desde un costado como se muestra:



Luego se construyen los contactos de alimentación y soporte del *rotor*: para ello se toman dos trozos de alambre a los cuales se le debe quitar la aislación y se los tornea sobre un cilindro de diámetro algo mayor que el alambre ya utilizado; los alambres terminales del *rotor* se enhebran en los extremos torneados intercalando entre ellos un trozo de plástico como separador mecánico para evitar que el motor se trabaje al girar (aislantes rojos en la foto).

Se fijan los soportes del *rotor* a una madera y se coloca éste frente al imán de cierre de XO como muestra la foto: al conectar una pila AA para alimentar el motor y darle un pequeño impulso, comienza a girar.

## Anexo 1: Tabla resumen y descripción de las programaciones TB (\*.ta) y Python (\*.py) incluidas

| Capítulo 9. Exactitud y Precisión de la conversión Analógica a Digital                                   |   |
|--|---|
| monitor de voltaje.ta  |   |
| cv producto.ta   |   |
| cv Python.ta   |   |
| Vpromedio.ta   |   |
| monitor de resistencia.ta  |   |
| cr Python.ta   |   |
| CR Python cúbico.ta  |   |
| R promedio.ta  |   |
| Capítulo 10. La conversión Digital a Analógica   |   |
| 01.Oscilador.py  |   |
| Capítulo 12. Breve tutorial de introducción a la programación utilizando la Actividad TurtleBlocks (TB). |   |
| Nombre del Programa  | Descripción   |
| 02.cuadrado por vértices.ta  | Se traza un cuadrado de lado "100" ordenándole a la tortuga ocupar en forma sucesiva los puntos vértices (desde el inferior izquierdo trazando en sentido horario)              |
| 03.cuadrado adelante derecha.ta  | Se ejecuta la acción anterior haciendo que la tortuga avance y gire 90º (un ángulo que llamaremos <i>externo</i> , suplementario al interno) cuatro veces                       |
| 04.cuadrado repetir 4.ta   | Se ejecuta la acción anterior mediante un bloque <i>repetir</i>   |
| 05.triángulo repetir 3.ta  | Se traza un triángulo equilátero con <i>repetir</i>   |
| 06.polígono cajas.ta   | Se dibuja un polígono en función de la cantidad de lados ingresada  |
| 07.mostrar volumen.ta  | Se muestra en pantalla el volumen de sonido registrado por el micrófono incorporado para un instante  |
| 08.monitor de volumen.ta   | Se muestra continuamente en pantalla el volumen de sonido registrado por el micrófono incorporado   |
| 09.si volumen 100 saca foto.ta   | La cámara toma una foto si el volumen excede cierto valor   |
| 10.storyboard 36.ta  | Se dispara la cámara 36 veces sucesivas, ubicando una foto junto a la otra formando una matriz de 6x6 hasta cubrir toda la pantalla   |
| 11.Storyboard.ta   | Ídem, repitiendo la acción en forma indefinida hasta que se detenga la ejecución del programa   |
| 12.si volumen 100 habla.ta   | El programa hace que la XO "hable" cuando el volumen registrado por el micrófono es superior al valor (arbitrario) 100  |
| 13.si volumen 100 habla v130.ta  | Ídem, TB versión 130 con bloque <i>hablar</i>   |
| 14.Cronómetro (ms).ta  | Programa "cronómetro a la milésima de segundo"  |
| 15.reloj.ta  | Se despliega en pantalla la hora actual   |
| 16.Báskara.ta  | El programa obtiene las raíces de una ecuación de segundo grado luego que se ingresan los coeficientes <b>a</b> , <b>b</b> y <b>c</b>   |
| 17.timbres solymar1.ta   | El programa toca los timbres de entrada y salida de clases en forma automática  |
| 18.tabla fx.ta   | Se programa un cuadro de valores que muestra en la columna izquierda los valores de <b>x</b> y en la columna derecha el resultado de la función <b>f(x)= x<sup>2</sup>+5</b> .  |
| 19.tabla tiempo volumen.ta   | Se programa un cuadro de valores "instante de tiempo <b>t</b> " / "volumen registrado por el micrófono <b>volumen</b> ".  |
| 20.Osc amort.ta  | Se grafica la función $f(x) = 500e^{-\frac{x}{150}} \sin\left(\frac{x}{10}\right)$ para el intervalo [1, 559].  |
| 21.gráfica volumen= f(t) con ejes .ta  | Se grafica el volumen del sonido registrado por el micrófono en función del tiempo  |
| 22.dibuja con tu voz.ta  | La tortuga dibuja un trazo en la pantalla ubicando sucesivamente las posiciones (x, y) fijadas por los valores de (frecuencia, volumen) del sonido registrado por el micrófono. |

| <b>14.Actividades Experimentales</b> |  |  |   |
|--------------------------------------|--|--|---|
| <b>Tipo de sensor(*)</b>             | <b>Nombre del Programa(*.ta)</b>       | <b>Descripción</b>   | <b>Sensor/accesorio</b>   |
| <b>SV</b>                            | <b>23.monitor de voltaje.ta</b>        | Una aplicación elemental que consiste en un monitor de voltaje DC que mide el voltaje de una pila AA.  | Cable de audio y Pila AA  |
| <b>SV</b>                            | <b>24.Tabla RC .ta</b>                 | Un capacitor electrolítico de 1000 µF se monta en paralelo a un Resistor de 6800 Ω y el montaje se conecta a una pila AA. Cuando se deshace el contacto con la pila el Capacitor comienza a descargarse a través del Resistor. Se construye la Tabla de valores <i>tiempo/Voltaje</i> a partir del instante para el cual el voltaje cae por debajo de 1.5 V (nivel de disparo). Se mide cada 0.5 s (aproximadamente). En la base de la pantalla se muestra el voltaje medido hasta el disparo. | Cable con montaje de pila AA y paralelo RC.   |
| <b>SV</b>                            | <b>25.gráfica V(V) t (s).ta</b>        | Un capacitor electrolítico de 1000 µF se monta en paralelo a un Resistor de 6800 Ω y el montaje se conecta a una pila AA. Cuando se deshace el contacto con la pila el Capacitor comienza a descargarse a través del Resistor. Se construye la gráfica $V = f(t)$ a partir del instante para el cual el voltaje cae por debajo de 1.5 V (nivel de disparo). En la base de la pantalla se muestra el voltaje medido.  | Cable con montaje de pila AA y paralelo RC.   |
| <b>SV</b>                            | <b>26.Amperímetro DC.ta</b>            | Se programa un monitor de intensidad de corriente DC. Para XO1.  | Resistor 1Ω & 5W conectado en serie en la rama del circuito.  |
| SR (cuan)                            | <b>27.asociación de R.ta</b>           | La programación muestra y grafica la resistencia equivalente de un montaje serie/paralelo de N resistores de igual valor en función de N.  | Juego de 10 resistores de 1k ohm (montaje serie) o 10k ohm (montaje paralelo)   |
| SR (cual)                            | <b>28.Cerebrin.ta</b>                  | Este juego (clásico) consiste en encontrar las coincidencias (por ejemplo países/capitales, órganos de cuerpo humano/nombres, etc.) haciendo contacto entre dos terminales fijos a las diferentes opciones pregunta/respuesta. Un cable (oculto) cierra el circuito entre las opciones coincidentes. El programa TB emite un mensaje cuando el jugador hace la opción correcta.  | Placa "preguntas/respuestas" con terminales y cableado oculto que une los pares correspondientes.   |
| SR (cual)                            | <b>29.Alarma con foto JAM.ta</b>       | Se programa una alarma de intrusión: al ejecutarse el programa se arma el sistema de alarma transcurridos 5 segundos. Cuando el programa detecta que se abrió el contacto entre los cables conectados a la entrada de micrófono externo, dispara un sonido de 1000 Hz y saca una foto del intruso. Luego de unos 5 segundos se reinicia.   | Dos opciones:<br>1. Interruptor NC (puede ser un contacto que se abre al abrir una puerta)<br>2. Sensor piro eléctrico: se trata de un sensor que abre un contacto cuando un cuerpo caliente se mueve frente a él. Necesita alimentación (9 a 12 V DC). |
| SR (cual)                            | <b>30.1.juego del aro (conteo).ta</b>  | Este juego (clásico) consiste en pasar un aro a lo largo de un alambre sin tocarlo. En este programa, si se toca el alambre, se emite un mensaje que lo indica y se muestra en pantalla la cantidad de veces que hubo contacto. El color de fondo de pantalla se modifica con cada contacto.   | Alambre y aro que pasa enhebrado a través de él.  |
| SR (cual)                            | <b>30.2.juego del aro (puntaje).ta</b> | En este programa, si se toca el alambre, resta puntos (al puntaje máximo 1000) según cuántas veces se toque y durante cuánto tiempo. Este puntaje se muestra en pantalla.  | Alambre y aro que pasa enhebrado a través de él.  |
| SR (cual)                            | <b>30.3.juego del aro (puls).ta</b>    | (dispositivo sensor más complejo). En este programa si se toca el alambre se emite un mensaje que lo indica y se muestra en pantalla la cantidad de veces que hubo contacto. Al alcanzar el extremo opuesto del alambre debe presionarse un pulsador que resume el tiempo total de juego si no se tocó el alambre o la cantidad de veces que se tocó   | Alambre y aro que pasa enhebrado a través de él, pulsador NC de fin del juego, 2 resistores.  |

|           |   |   |   |
|-----------|---|---|---|
|           |   | en caso contrario. Luego se reinicia el juego.  |   |
| SR (cuan) | <b>31.gráfica loop Péndulo.ta</b>   | En este caso se muestra la gráfica ángulo= f (tiempo) para el movimiento oscilatorio de un péndulo físico (varilla oscilante) cuyo eje es el de un potenciómetro (transductor resistencia/posición angular).  | Potenciómetro.<br>Se fija al eje del mismo el extremo superior de una varilla metálica que se pone a oscilar en el plano vertical.  |
| SR (cual) | <b>32.1.bienvenida (sensor mano).ta</b><br><b>32.2.bienvenida (sensor mano) v130.ta</b> | Se ilumina un LDR (transductor resistencia/iluminancia) en forma permanente. Cuando se apoya la mano sobre él, el cambio en el nivel de iluminación produce un cambio de resistencia: entonces el programa TB produce la emisión de un mensaje hablado de bienvenida y se toma una foto con la cámara de XO.  | <i>Sensor mano:</i> LDR colocada en el centro de un papel que tiene impresa la figura de la "mano" de la XO.<br><br>Fuente de iluminación permanente externa (linterna, lámpara portátil, luz solar, puntero láser) |
| SR (cual) | <b>32.3.bienvenida (pulsador NO).ta</b>   | Cuando se apoya la mano sobre el pulsador NA, el programa TB produce la emisión de un mensaje hablado de bienvenida y se toma una foto con la cámara de XO  | Pulsador NA (o NO) colocado en el centro de un papel que tiene impresa la figura de una "mano" de la XO.  |
| SR (cuan) | <b>33.GL12537gráfica loop I(lux) t (s) .ta</b>  | Se despliega en pantalla una gráfica de Iluminancia en función del tiempo en forma continua   | LDR   |
| SR (cual) | <b>34.monitor de pulso.ta</b>   | Se muestra en pantalla una gráfica que monitorea el pulso de una persona  | <i>Sensor de pulso</i>  |
| SR (cuan) | <b>35.GL12537 monitor de I(lux).ta</b>  | Se muestra en pantalla en forma continua el nivel de iluminación sobre el LDR   | LDR   |
| <b>SV</b> | <b>36.Tabla LM35 .ta</b>  | Se mide la temperatura del cuerpo que se ponga en contacto térmico con un sensor de temperatura LM35 (sensor voltaje/temperatura) que es alimentado con 5 v por un puerto USB. El rango aprox. es de 41 a 155 °C. El programa construye una tabla de valores tiempo/temperatura que muestra 18 valores medidos cada 2 segundos, aproximadamente.                                | Sensor LM35 (necesita alimentación 5V que puede suministrar la XO a través de sus puertos USB)  |
| <b>SV</b> | <b>37.termómetro LM35.ta</b>  | Se programa un monitor de temperatura que muestra en pantalla el valor medido   | Sensor LM35   |
| <b>SV</b> | <b>38.termófono LM35.ta</b>   | Se programa un monitor de temperatura que emite un mensaje hablado con el valor medido  | Sensor LM35   |
| SR (cuan) | <b>39.gráfica NTC103 loop t(°C) t (s) .ta</b>   | Este programa grafica temperatura= f (tiempo) de la mano de quien toque el sensor de temperatura termistor modelo NTC103 (transductor resistencia/temperatura). Este mide la temperatura del cuerpo que se ponga en contacto térmico con él. (Rango: 16 a 94 °C). Escala optimizada entre 21 y 31 °C. Se muestra en la base de la pantalla la temperatura que se está midiendo. | Termistor NTC103  |
| SR (cuan) | <b>40.gráfica loop F(N) t(s) .ta</b>  | Se obtiene la gráfica Fuerza en función del tiempo para un sensor resistivo de fuerza   | Sensor resistivo de fuerza FSR402   |
| a         | <b>41.acelerómetro.ta</b>   | Se programa un monitor de aceleración medida en sus componentes <b>a<sub>x</sub></b> , <b>a<sub>y</sub></b> y <b>a<sub>z</sub></b> por el sensor acelerómetro de la XO1.75  | (ninguno externo) sensor acelerómetro de la XO1.75  |
| f         | <b>42.Oreja 440.ta</b>  | Se trata de una programación que mide la frecuencia de la componente armónica más intensa del sonido ambiente. Al detectar durante 2 segundos (como mínimo) un valor de 440 Hz (como al golpear un diapasón 440 Hz) lo indica en la pantalla y reinicia.(NOTA: ± 8 Hz)  | (ninguno externo) Se utiliza el micrófono incorporado a la XO.  |

**\*Nota:**

**a:** aceleración (unidades arbitrarias  $g \Rightarrow 60 \text{ ua}$ )

**f:** medida de frecuencia

**SR (cual):**

aplicación cualitativa de sensor resistivo (variación de resistencia entre 0 ohm e infinito, contacto "SI/NO")

**SR (cuan):**

aplicación cuantitativa de sensor resistivo (variación continua de R)

**SV:**

Sensor voltaje

Extremo cuidado: un voltaje fuera de rango o polaridad invertida puede dañar la XO en forma permanente

## Anexo 2: Compatibilidad de las Actividades Experimentales con XO1.5HS (SKU121) y XO1.75 (SKU206)

El conjunto de este trabajo, en construcción desde fines de 2008, se basa en aplicaciones para Física extensamente probadas en XO1 ejecutando las Actividades Medir v.31, 36 y 42 y la Actividad TurtleBlocks v.109 y 130.

En principio cualquier otro modelo de XO puede medir las mismas magnitudes físicas; sin embargo no se desempeñan de igual forma por varios factores:

- 1- **Todas ellas pueden medir Resistencia en forma correcta** si las Actividades mencionadas tienen integrado el modelo particular a sus tablas de calibración lo cual debe probarse previamente.
- 2- **En todas ellas se pueden analizar sonidos** en base tiempo y en base frecuencia con Medir.
- 3- **En todas se pueden sintetizar sonidos** de frecuencia ajustable (como ya se trató).

**Sin embargo las medidas de voltaje no serán de la misma calidad** en los distintos modelos por tener diferente valor de impedancia. En ese sentido, XO1 es la que más se aproxima al modelo de voltímetro ideal (impedancia infinita).

### XO1.5HS (SKU121)

Para aquellas programaciones que midan resistencia y Voltaje debe tenerse en cuenta las diferencias en los rangos de medida con respecto a XO1 y modificarlas si corresponde.

Se han probado y funcionan perfectamente todas las programaciones a excepción de:

[24.Tabla RC .ta](#)  
[25.gráfica V\(V\) t \(s\).ta](#)  
[36.Tabla LM35 .ta](#)  
[37.termómetro LM35.ta](#)  
[38.termófono LM35.ta](#)

### XO1.75 (SKU206)

Al momento de concluir este trabajo, este modelo presenta un problema sistemático: al ejecutar cualquier programación TB puede medir en el canal correcto (en general se utiliza CHL) o bien retorna las medidas correspondientes al otro canal (CHR) en forma aleatoria (error conocido como *swapping*). Esto provoca que las programaciones que leen volumen, frecuencia, resistencia y voltaje funcionen correctamente o no funcionen. Hechas las consultas a los expertos se nos informó que se está trabajando en la solución, lo cual involucra modificaciones de bajo nivel en la XO.

*La solución (provisoria) al momento consiste en trabajar con TB a partir de la versión 167 utilizando un cable de audio estéreo con los cables correspondientes a CHL y CHR unidos entre sí. Se pierde la posibilidad potencial de muestreo en doble canal pero XO1.75 debería funcionar como XO1, como si leyera CHL (mono aural).*

En principio se recomienda no utilizar las excepciones indicadas para XO1.5HS (SKU121) ya que la impedancia de entrada de XO1.75 como voltímetro es mucho menor aún.

## **Anexo 3: Actividades de difusión del Proyecto “Física con XO” (desde el 15/09/2009)**

### **ACTIVIDAD EN DESARROLLO DE PONENCIAS:**

01- Ponencia “Física con XO”, **“1<sup>er</sup> Jornada de Actualización para Voluntarios, Colaboradores, Docentes de Educación Media y Maestros”**, RAP ceibal, 18 de junio de 2011, ciudad de San José, San José.

02- Ponencia “Física con XO”, **“Innovation 2011: 1<sup>er</sup> Congreso Multimedia Multidisciplinario del Norte”**, 23 y 24 de Setiembre de 2011, Artigas, Dpto. de Artigas.

### **ACTIVIDAD EN DESARROLLO DE CONFERENCIAS:**

03- Conferencia “Física con XO”, en el evento “¿Cómo y por qué usar Etoys en la Educación?”, Squeakfest Uruguay 2011, 26, 27 y 28 de Mayo de 2011, UCU, Montevideo.

04- Conferencia “Física con XO” dirigida a estudiantes de Biología, Física y Química, 13/09/2011, Instituto de Profesores “Artigas”, Montevideo.

05- Conferencia “Turtle Sensors. How open hardware and software can empower students and communities.”, junto al equipo *Butiá* (Robótica Educativa, Facultad de Ingeniería, UdelaR), **eduJAM!2012, organizado por ceibalJAM!**, 11 de Mayo de 2012, Torre de la Telecomunicaciones (Antel), Montevideo.

### **ACTIVIDAD COMO TALLERISTA:**

06- Taller sobre el Proyecto “Física con XO” “XO: Instrumento de medición”, dirigido a Maestros, Museo Pedagógico “José Pedro Varela”, 04/05/2011, Montevideo.

07-Taller “Física con XO” dirigido a Maestros de las Escuelas 162, 268 y 292, Escuela N° 268 de tiempo completo, 31/05/2011, El Pinar, Canelones.

08-Taller “Física con XO” dirigido a Docentes de Educación Media (especialidad Física) organizado por PLAN CEIBAL, 09 de junio de 2011, IPES, Montevideo. Invitado por Inspección de Física.

09-Taller “Física con XO” dirigido a Maestros, Museo Pedagógico “José Pedro Varela”, 13/07/2011, Montevideo.

10-Taller “Física con XO” dirigido a Profesores de Biología, Física y Química, 31/08/2011, Cátedra “Alicia Goyena”, CES, Montevideo. Organizado por Inspección de Física.

11-Taller “Física con XO” dirigido a Docentes de Educación media, estudiantes de Magisterio, Maestros, y Docentes de Formación Docente, 02/09/2011, IFD Carmelo, Colonia. Invitado por la Inspectora de Física Prof. Cristina Banhero.

12-Taller “Física con XO” dirigido a Maestros y público en general, Feria “Mundo Ceibal” 2011, Escuelas N° 39 y N° 273, Consejo de Educación Inicial y Primaria, 29 de Octubre de 2011, Montevideo, Uruguay.

13-Taller “Física con XO”, junto al Prof. Daniel Baccino, Squeakfest Uruguay 2012, 18 y 19 de Mayo de 2012, UTU Buceo (CETP), Montevideo.

14-Taller “Física con XO”, junto al Prof. Daniel Baccino, Seminarios Tecnológicos (Plan Ceibal), 18 de Agosto de 2012, UTU Buceo (CETP), Montevideo.

15-Micro Taller “Física con XO”, para alumnos de 5º año (Maestra Andrea Marsiglia), Escuela “Países Bajos” (Paso Molino), 3 de Setiembre de 2012, Montevideo.

16-Taller “Física con XO”, junto al Prof. Daniel Baccino, XXII Encuentro Nacional de Profesores de Física, XI Encuentro Internacional de Educación en Física, 19, 20, 21 y 22 de setiembre de 2012, Mercedes, URUGUAY.

17-Taller “Física con XO”, junto al Prof. Daniel Baccino, Seminarios Tecnológicos (Plan Ceibal), 17 de Noviembre de 2012, UTU Buceo (CETP), Montevideo.

### **ACTIVIDAD COMO EXPOSITOR:**

18-Asistente expositor del Proyecto “Física con XO” (sensores para XO por entrada de mic con muestreo programado en TurtleBlocks), **edujAM!, Encuentro de Desarrolladores Uruguay 2011, organizado por ceibalJAM!**, 5, 6 y 7 de Mayo de 2011, Montevideo. Invitado por Gabriel Eirea, Presidente de ceibalJAM!.

19-Exposición de sensores y programas TurtleBlocks dirigida a Maestros, escolares y público en general, Feria “Mundo Ceibal” 2011, Escuelas N° 39 y N° 273, Consejo de Educación Inicial y Primaria, 28 de Octubre de 2011, Montevideo, Uruguay.

### **OTRAS:**

20-Autor de la página “Física con XO”: <https://sites.google.com/site/solyamar1fisica/fisica-con-xo-investigacion>- creada el 15 de Setiembre de 2009 (alojada en el site google del Laboratorio de Física del Liceo Solyamar N°1)

21-Participación en la prueba de versiones de “TurtleBlocks”, funcionalidad, uso de la cámara web como sensor de “brillo” y traducciones al español de las ayudas. <http://activities.sugarlabs.org/es-ES/sugar/addons/versions/4027> (ver versiones 106 y 107).

22-A pedido de Tony Forster (autor de la wiki: [http://wiki.sugarlabs.org/go/Activities/TurtleArt/Using\\_Turtle\\_Art\\_Sensors](http://wiki.sugarlabs.org/go/Activities/TurtleArt/Using_Turtle_Art_Sensors)), participo de la edición y corrección de su traducción al español: [http://wiki.sugarlabs.org/go/Activities/TurtleArt/Uso\\_de\\_TortugaArte\\_Sensores](http://wiki.sugarlabs.org/go/Activities/TurtleArt/Uso_de_TortugaArte_Sensores)

23-Participación en el Programa “XO, por favor!” (TNU), divulgando el Proyecto “Física con XO”. Se puede acceder al mismo en: <http://www.youtube.com/watch?v=RhsvdvwnE5Y>. Invitado por Gabriel Eirea, Presidente de ceibalJAM!.

24-Participación en el Programa de TV Educativa (CEIP) sobre muestra interactiva de ciencias naturales y “Física con XO”, grabado el 01/09/2011 en el Museo Pedagógico “José Pedro Varela” y emitido por TV abierta (Canales 4, 10 y 12) el 14/09/2011. Invitado por la Directora del Museo Pedagógico Maestra Susana Luzardo. <http://www.youtube.com/webprimaria#p/u/11/JiV9jLXsZ-A>

25-Participación en el programa de TV Educativa (CES): [http://www.youtube.com/watch?feature=player\\_embedded&v=BzILZqIF-eE](http://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=BzILZqIF-eE) con motivo de la celebración de los 5 años del Plan Ceibal.

### **Reconocimiento del proyecto a nivel nacional:**

26-“Declarar de interés educativo el Proyecto denominado “Física con XO”, diseñado por el Prof. Guzmán Pablo TRINIDAD SCOLNIK,..”, Acta N°69, Resol. 2, Exp. 1-4796/11, CODICEN, ANEP, Montevideo, 28 de Setiembre de 2011

27-“El Consejo de Educación Secundaria resuelve: 1º Hacer lugar a la solicitud de licencia especial (artículo 75 del E.F.D.) formulada por el profesor Guzmán Trinidad, de la asignatura Física, para la realización de una investigación denominada “Física con XO”...”, Sesión del Consejo N° 9, 08 de Marzo de 2012, Exp. 3/11988/11, CES, ANEP.

### **Reconocimiento del proyecto a nivel internacional:**

El Proyecto es citado en páginas web, blogs y wikis, entre los cuales se destacan la Wiki de SUGARLABS y OLPC NEWS:

SUGARLABS (NEWS):

- 1-[http://wiki.sugarlabs.org/go/Archive/Current\\_Events/2011-03-15](http://wiki.sugarlabs.org/go/Archive/Current_Events/2011-03-15) (ítem 5)
- 2-[http://wiki.sugarlabs.org/go/Archive/Current\\_Events/2011-08-07](http://wiki.sugarlabs.org/go/Archive/Current_Events/2011-08-07) (ítem 4)
- 3-[http://wiki.sugarlabs.org/go/Archive/Current\\_Events/2011-11-06](http://wiki.sugarlabs.org/go/Archive/Current_Events/2011-11-06) (ítem 3)
- 4-[http://wiki.sugarlabs.org/go/Archive/Current\\_Events/2011-11-13](http://wiki.sugarlabs.org/go/Archive/Current_Events/2011-11-13) (ítem 6)
- 5-[http://wiki.sugarlabs.org/go/Archive/Current\\_Events/2011-11-19](http://wiki.sugarlabs.org/go/Archive/Current_Events/2011-11-19) (ítem 1)
- 6-[http://wiki.sugarlabs.org/go/Archive/Current\\_Events/2012-01-25](http://wiki.sugarlabs.org/go/Archive/Current_Events/2012-01-25) (ítem 5)
- 7- [http://wiki.sugarlabs.org/go/Archive/Current\\_Events/2012-06-01](http://wiki.sugarlabs.org/go/Archive/Current_Events/2012-06-01) (ítem 2)
- 8- [http://wiki.sugarlabs.org/go/Archive/Current\\_Events/2012-07-05](http://wiki.sugarlabs.org/go/Archive/Current_Events/2012-07-05) (ítem 2)

SUGARLABS (TurtleArt):

[http://wiki.sugarlabs.org/go/Activities/TurtleArt/Using\\_Turtle\\_Art\\_Sensors](http://wiki.sugarlabs.org/go/Activities/TurtleArt/Using_Turtle_Art_Sensors)

(varios desarrollos de “Física con XO” están publicados en esta wiki de Tony Forster. La página “Física con XO” aparece al final como única fuente en español sobre el tema).

OLPC NEWS:

- 1-[http://www.olpcnews.com/hardware/peripherals/construir\\_un\\_pulsografo\\_con\\_xo.html](http://www.olpcnews.com/hardware/peripherals/construir_un_pulsografo_con_xo.html)
- 2-[http://www.olpcnews.com/hardware/peripherals/a\\_game\\_built\\_around\\_turtle\\_art\\_and\\_some\\_wires.html](http://www.olpcnews.com/hardware/peripherals/a_game_built_around_turtle_art_and_some_wires.html)
- 3-[http://www.olpcnews.com/hardware/peripherals/fisica\\_con\\_xo\\_sensor\\_resistivo.html](http://www.olpcnews.com/hardware/peripherals/fisica_con_xo_sensor_resistivo.html)
- 4-[http://www.olpcnews.com/content/education/a\\_great\\_introduction\\_on\\_how\\_to\\_use\\_turtle\\_blocks\\_with\\_sensors.html](http://www.olpcnews.com/content/education/a_great_introduction_on_how_to_use_turtle_blocks_with_sensors.html)
- 5-[http://www.olpcnews.com/countries/uruguay/fisica\\_con\\_xo\\_espectro\\_magnetico\\_de\\_xo\\_1.html](http://www.olpcnews.com/countries/uruguay/fisica_con_xo_espectro_magnetico_de_xo_1.html)
- 6- [http://www.olpcnews.com/content/games/a\\_matching\\_game\\_made\\_with\\_turtle\\_art\\_and\\_some\\_wires.html](http://www.olpcnews.com/content/games/a_matching_game_made_with_turtle_art_and_some_wires.html)
- 7-[http://www.olpcnews.com/hardware/peripherals/fisica\\_con\\_xo\\_un\\_motor\\_para\\_divertirse.html](http://www.olpcnews.com/hardware/peripherals/fisica_con_xo_un_motor_para_divertirse.html)

## Anexo 4: “Física con XO” sin XO

La implementación del Plan Ceibal en Uruguay que comenzó con la distribución de XO1 en Primaria y XO1.5 en Secundaria (exceptuando el Departamento de Canelones) continuó luego incorporando netbooks estándar en las cuales no se pueden aplicar la mayoría de las ideas aquí presentadas.

Actualmente estas netbooks tienen instalado Linux Ubuntu con Audacity lo cual nos permite el análisis y síntesis de sonidos (**ver “10.4 Síntesis de sonido en otras netbooks distribuidas por Plan Ceibal”**) e integran SUGAR lo cual nos permite trabajar en Medir y hacer programas en TB que utilicen el micrófono o la cámara incorporada.

Sin embargo, el equipo Butiá de Facultad de Ingeniería (UdelaR) ha diseñado una placa (de hardware abierto) llamada **USB4butia** la cual se conecta al puerto USB y permite hacer medidas de sensores en cualquier netbook. Para trabajar con ella este equipo ha diseñado la actividad “TurtleBots” (<http://activities.sugarlabs.org/ES/sugar/addon/4434> ).

Puede encontrarse información y detalles en los siguientes links:

[http://www.fing.edu.uy/inco/proyectos/butia/mediawiki/index.php/P%C3%A1gina\\_principal](http://www.fing.edu.uy/inco/proyectos/butia/mediawiki/index.php/P%C3%A1gina_principal)

<http://www.fing.edu.uy/inco/proyectos/butia/mediawiki/index.php/Usb4butia>

Con este excelente logro se abre la posibilidad de aplicar todas estas ideas en cualquier netbook del diverso parque que tenemos hoy. Sobre fines de 2012 tuve la posibilidad de hacer las primeras pruebas con dicha placa y aquí se resumen las primeras conclusiones:

### **Medidas de Voltaje y Resistencia:**

USB4butia es una placa que presenta 6 puertos a los cuales se pueden conectar sensores y actuadores (no probados aquí). Sus diseñadores han fabricado módulos “sensor voltaje” y “sensor resistencia” a los cuales se pueden conectar los “sensores Física con XO” basados en un cable de audio con conector macho TRS 3.5 mm.

Mediante sus **Módulos Voltaje** podemos medir Voltajes DC entre 0 y 4.99 V. Utilizando los **Módulos Resistencia** se puede medir entre 0  $\Omega$  y unos 7 M  $\Omega$ . Los niveles de calibración (TurtleBots 18) en Voltaje y Resistencia (medidos entre 0  $\Omega$  y 100 k  $\Omega$ ) son muy buenos.

La frecuencia máxima de muestreo, probada con una programación que mostraba en pantalla una tabla de valores **tiempo/Voltaje1/Voltaje2** (midiendo en doble canal), se encuentra entre los 50 y 100 Hz. Es variable con cada ejecución de programa.

La impedancia de entrada como voltímetro se encontraría en el orden de los 10 M $\Omega$ .

Los siguientes vídeos corresponden a las primeras pruebas (Tabla **t/V** para una descarga RC, Gráfica  $V = f(t)$ , Gráfica  $V = f(i)$  para elemento óhmico, ídem para el filamento de lámpara incandescente explicitando la dependencia de  $\rho$  con la temperatura):

<http://youtu.be/eewFtOHX5-Q>

<http://youtu.be/KmNwC1qBhtA>

<http://youtu.be/37vJEUr5nRI>

[http://www.youtube.com/watch?v=\\_jSXHsGvLaY](http://www.youtube.com/watch?v=_jSXHsGvLaY)

## Anexo 5: Bibliografía y webgrafía consultadas.

|  |  |
|--|--|
| Analog Devices (2003)  | <a href="http://www.datasheetcatalog.com/datasheets_pdf/A/D/1/8/AD1888.shtml">http://www.datasheetcatalog.com/datasheets_pdf/A/D/1/8/AD1888.shtml</a> Último acceso 03/02/13.  |
| APFU   | <a href="http://apfu.fisica.edu.uy/">http://apfu.fisica.edu.uy/</a> . Último acceso 03/02/13.  |
| Bender (28/12/2011)  | <a href="http://walterbender.org/?p=517">http://walterbender.org/?p=517</a> . Último acceso 03/02/13.  |
| Brito & Trinidad (2006)  | BRITO, F. & TRINIDAD, G. (2006). Cronología Histórica de la Asociación de Profesores de Física del Uruguay (A.P.F.U.). <i>Educación en Física</i> (A.P.F.U.), Vol. 7, N° 3, Setiembre de 2006.                                     |
| BUTIÁ TORTUGA  | <a href="http://www.fing.edu.uy/inco/cursos/fpr/wiki/index.php/Tutorial_Tortuga">http://www.fing.edu.uy/inco/cursos/fpr/wiki/index.php/Tutorial_Tortuga</a> Último acceso 03/02/13.  |
| ceibalJAM!   | <a href="http://ceibaljam.org/drupal/?q=chuas">http://ceibaljam.org/drupal/?q=chuas</a> Último acceso 03/02/13.  |
| Correa & García (1991)   | García, Pablo & Correa, Juan, (1991). <i>DÉDALO: Interface para uso en experimentos de Física</i> . Versión 1.0, Proyecto de apoyo al Laboratorio de Física del I.P.A., Montevideo, Uruguay: PEDECIBA, Documento sujeto a revisión |
| Chernuschi & Greco (1970)  | Chernuschi & Greco (1970). <i>Teoría de errores de mediciones</i> . Buenos Aires, Argentina: Ed. EUDEBA.   |
| Díaz & Pecard (1970)   | Díaz, J. & Pecard, R. (1970). <i>Física experimental para preparatorios (Tomo I)</i> . Montevideo, Uruguay: Ed. Kapelusz.  |
| FLUKE 87   | <a href="http://www.myflukestore.com/p1393/fluke_87-v.php">http://www.myflukestore.com/p1393/fluke_87-v.php</a> Último acceso 03/02/13.  |
| FORSTER  | <a href="http://tonyforster.blogspot.com/2011/01/turtle-recursion.html">http://tonyforster.blogspot.com/2011/01/turtle-recursion.html</a> Último acceso 03/02/13.  |
| French (1974).   | A. French (1974). <i>Vibraciones y Onda</i> . MIT, Barcelona: Ed. Reverté,   |
| García (1991)  | GARCÍA, P. (1991). Análisis Armónico de un sonido. <i>Resumen Pedagógico</i> , Año III, N°6, Setiembre de 1991, (pág. 51-58))  |
| Gil & Rodríguez (2001)   | Gil, S. & Rodríguez, E. (2001). <i>Física Re- Creativa. Experimentos de Física usando nuevas tecnologías</i> . Bs. As., Argentina: Ed. Pearson Education.  |
| Kay (1972)   | <a href="http://www.mprove.de/diplom/gui/kay72.html">http://www.mprove.de/diplom/gui/kay72.html</a> . Último acceso 03/02/13.  |
| Maiztegui & Gleiser (1980)   | Maiztegui P. & Gleiser R. (1980). <i>Introducción a las Mediciones de Laboratorio</i> . Buenos Aires, Argentina: Ed. Kapelusz.   |
| Maiztegui y otros (1987)   | Maiztegui, A. y otros (1987). <i>Física. Su enseñanza</i> . Buenos Aires, Argentina: CONICET.  |
| OLPC MEASURE   | <a href="http://wiki.laptop.org/go/Measure/Hardware">http://wiki.laptop.org/go/Measure/Hardware</a> Último acceso 03/02/13.  |
| OLPC News XO1.75   | <a href="http://www.olpcnews.com/laptops/xo-175/automatic_backlight_dimming_on_the_xo_175.html">http://www.olpcnews.com/laptops/xo-175/automatic_backlight_dimming_on_the_xo_175.html</a> Último acceso 03/02/13.                  |
| OLPC SKU   | <a href="http://wiki.laptop.org/go/Manufacturing_data#XO-1.75">http://wiki.laptop.org/go/Manufacturing_data#XO-1.75</a> . Último acceso 03/02/13.  |
| OLPC XO  | <a href="http://wiki.laptop.org/go/Especificacion_de_hardware">http://wiki.laptop.org/go/Especificacion_de_hardware</a> Último acceso 03/02/13.  |
| OLPC XO1   | <a href="http://wiki.laptop.org/images/7/71/CL1A_Hdwe_Design_Spec.pdf">http://wiki.laptop.org/images/7/71/CL1A_Hdwe_Design_Spec.pdf</a> Último acceso 03/02/13.  |
| OLPC XO1.5   | <a href="http://wiki.laptop.org/images/f/f0/CL1B_Hdwe_Design_Spec.pdf">http://wiki.laptop.org/images/f/f0/CL1B_Hdwe_Design_Spec.pdf</a> Último acceso 03/02/13.  |
| OLPC XO1.75  | <a href="http://wiki.laptop.org/images/d/d4/CL2_Hdwe_Design_Spec.pdf">http://wiki.laptop.org/images/d/d4/CL2_Hdwe_Design_Spec.pdf</a> Último acceso 03/02/13.  |
| OLPC XO3   | <a href="http://wiki.laptop.org/go/XO-3">http://wiki.laptop.org/go/XO-3</a> Último acceso 03/02/13.  |
| PSSC (1970)  | PSSC (1970). <i>Física</i> **. p. 679, Barcelona, España: Ed. Reverté.   |
| Python (1990-2012)   | <a href="http://www.python.org/">http://www.python.org/</a> Último acceso 03/02/13.  |
| PYTHON DOC   | <a href="http://docs.python.org/library/">http://docs.python.org/library/</a> Último acceso 03/02/13.  |
| PYTHON DOC MATH  | <a href="http://docs.python.org/library/math.html">http://docs.python.org/library/math.html</a> Último acceso 03/02/13.  |
| Roederer (1980)  | Roederer, J. (1980). <i>Mecánica Elemental</i> . Buenos Aires, Argentina: Ed. Eudeba Manuales.   |
| Site Google del Laboratorio de Física del Liceo Solymar N°1 (2009) | <a href="http://sites.google.com/site/solymar1fisica/fisica-con-xo-investigacion-">http://sites.google.com/site/solymar1fisica/fisica-con-xo-investigacion-</a> Último acceso 03/02/13.  |
| SUGARLABS MEASURE  | <a href="http://wiki.sugarlabs.org/go/Activities/Measure">http://wiki.sugarlabs.org/go/Activities/Measure</a> Último acceso 03/02/13.  |
| SUGARLABS  | <a href="http://wiki.sugarlabs.org/go/Activities/TurtleArt/Using_Turtle_Art_Sensors#Voltage_Mod">http://wiki.sugarlabs.org/go/Activities/TurtleArt/Using_Turtle_Art_Sensors#Voltage_Mod</a>  |

|                             |  |
|-----------------------------|--|
| SENSORS                     | e: Último acceso 03/02/13.   |
| SUGARLABS<br>SUGAR          | <a href="http://wiki.sugarlabs.org/go/What_is_Sugar%3F/lang-es">http://wiki.sugarlabs.org/go/What_is_Sugar%3F/lang-es</a><br>Último acceso 03/02/13.   |
| SUGARLABS<br>TURTLE BLOCKS  | <a href="http://wiki.sugarlabs.org/go/Activities/Turtle_Art">http://wiki.sugarlabs.org/go/Activities/Turtle_Art</a><br>Último acceso 03/02/13.   |
| VERNIER LPL                 | <a href="http://www.vernier.com/downloads/logger-pro-linux/">http://www.vernier.com/downloads/logger-pro-linux/</a> Último acceso 03/02/13.  |
| VERNIER LQM                 | <a href="http://www.vernier.com/products/interfaces/lq-mini/">http://www.vernier.com/products/interfaces/lq-mini/</a> Último acceso 03/02/13.  |
| Wikipedia<br>Pulsioximetría | <a href="http://es.wikipedia.org/wiki/Pulsioximetr%C3%ADa">http://es.wikipedia.org/wiki/Pulsioximetr%C3%ADa</a> y <a href="http://es.wikipedia.org/wiki/Ox%C3%ADmetro_de_pulso">http://es.wikipedia.org/wiki/Ox%C3%ADmetro_de_pulso</a> ). Último acceso 03/02/13. |
| Wikipedia<br>SUGAR          | <a href="http://es.wikipedia.org/wiki/Sugar_(interfaz_gr%C3%A1fica_de_usuario)">http://es.wikipedia.org/wiki/Sugar_(interfaz_gr%C3%A1fica_de_usuario)</a><br>Último acceso 03/02/13.   |