

MANUAL PARA CONSTRUIR UN TUBÓFONO



Guía práctica para construir
un instrumento musical
hecho con tubos de plástico

Mireia Clua Geli
Febrero de 2016

 associació
música per viure
judit ribas

INTRODUCCIÓN

Un tubófono es un instrumento muy divertido y fácil de tocar. Su sonido es grave y redondo, y por eso se puede usar como bajo en un grupo de instrumentos reciclados. El tubófono hace la línea de bajo, el botellófono que es más agudo toca la melodía y los tambores reciclados hacen la base rítmica.

Construir un tubófono es más fácil de lo que parece. Los materiales son fáciles de conseguir en casi cualquier parte del mundo: maderas para la estructura y tubos de plástico. En menos de una semana puedes tener tu tubófono terminado.

En este artículo te mostraremos ejemplos de cómo hemos fabricado nuestros tubófonos y te explicaremos paso a paso cómo construir el tuyo. ¡Después de leer este artículo serás un experto en acústica de tubos!

PRINCIPIOS BÁSICOS

Un tubófono es un instrumento musical hecho con tubos de plástico de diferentes longitudes que se hacen sonar golpeando sus aperturas con una chancleta.

El tubófono está compuesto por varios tubos separados y cada tubo produce una nota diferente según su longitud. Al golpear la boca del tubo hacemos vibrar la columna de aire de su interior.

La longitud del tubo establece la frecuencia de la nota:

- Cuanto más largo es el tubo más grave es el sonido que produce.
- Cuanto más corto es el tubo más agudo es el sonido que produce.

Más adelante hablaremos de las fórmulas para calcular la longitud de tubo que necesitamos para producir cada nota.

El diámetro del tubo influye en el volumen del sonido:

- Cuanto más ancho es el tubo más fuerza necesitas para hacerlo vibrar y por lo tanto el volumen es más bajo.
- Cuanto más estrecho es el tubo necesitas menos esfuerzo para hacerlo vibrar y el volumen es más alto.

Por este motivo recomiendo no usar tubos de más de 10 cm (4 pulgadas) de diámetro.

Hay algunos instrumentos de viento que usan tubos cerrados por un extremo, como es el caso de la zampoña. En cambio, para nuestro tubófono dejaremos los dos extremos de los tubos abiertos. Además no les haremos ningún agujero: tendremos que buscar algún sistema para soportarlos sin perforarlos. La forma más efectiva de amarrar los tubos a la estructura del tubófono es usando argollas metálicas especiales para tuberías.

MATERIALES

Tubos

Para realizar un tubófono necesitarás tubos de plástico que tengan un diámetro entre 8 y 10 cm (entre 3 y 4 pulgadas). Puedes hacerlo con tubos de uso sanitario (tubos rectos y rígidos) o tubos de cableado (tubos flexibles). Si usas tubos reciclados asegúrate que los tubos no tienen agujeros.



Herramientas para cortar

Si usas tubos rígidos necesitarás una sierra para cortarlos. Si usas tubos flexibles necesitarás unas tijeras o un *cutter* para cortarlos.

Codos y conectores

Si usas tubos rígidos, seguramente vas a necesitar “codos” para hacerlos doblar y que ocupen menos espacio. Si usas tubos flexibles te recomiendo que uses conectores en la boca principal para que el punto donde se golpea sea más resistente.



Sprays de pintura para decorar

Si quieres decorar los tubos puedes usar pinturas de colores en spray que se adhieran bien sobre plástico.

Abrazaderas

Para amarrar los tubos a la estructura de madera podemos usar argollas metálicas especiales para tuberías. Lo fácil de esta opción es que en el mercado existen argollas que corresponden perfectamente con los diámetros de los tubos.



Estructura

Vas a necesitar madera o cualquier otro material para inventarte una estructura de para sostener los tubos del tubófono (madera, clavos, tornillos, papel de lijar, etc.).

Chancletas

Para hacer sonar los tubos usaremos chancletas viejas de goma. Con las chancletas golpearemos las bocas de los tubos para hacerlos sonar.



DISEÑAR EL TUBÓFONO

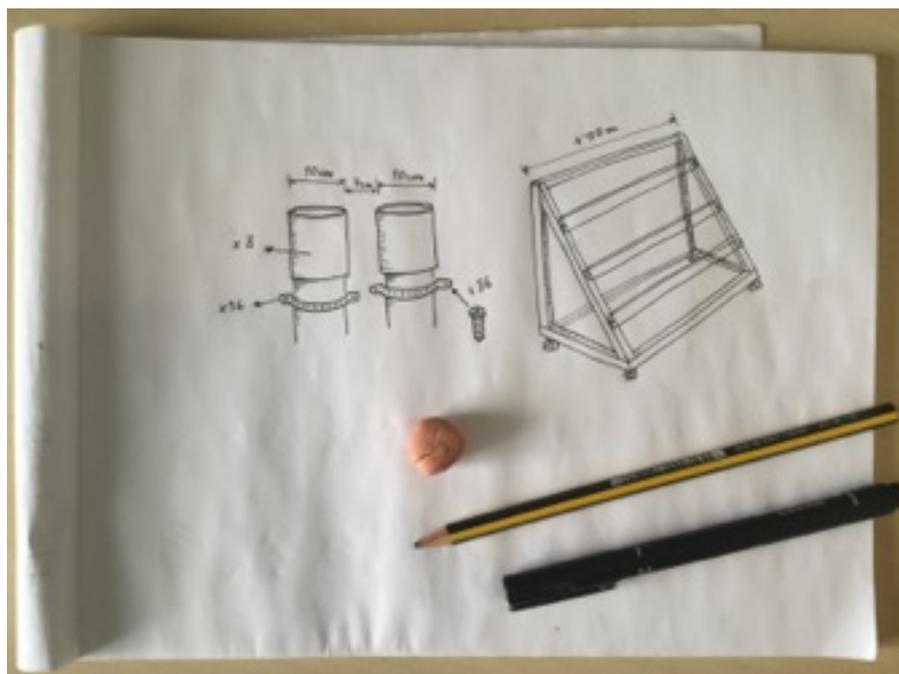
Antes de empezar a construir el tubófono tenemos que diseñarlo. Los pasos son los siguientes:

1. **Elige qué tipo de tubos quieres usar: flexibles o rígidos.**
2. **Piensa en las notas que quieres que tenga tu tubófono.** Por ejemplo podría ser una escala mayor, una escala pentatónica o la escala cromática. ¿Queremos sólo una octava o queremos que tenga más de una octava?
3. **Mide el diámetro del tubo elegido.** Es importante tener ese dato para calcular las longitudes necesarias. (Recomendamos usar tubos entre 8 y 10 cm de diámetro).
4. **Calcula las longitudes de los tubos.** Ahora que ya has elegido las notas que quieres, tienes que calcular la longitud de los tubos. Dibuja una tabla con 3 columnas: la primera columna tiene el nombre de las notas, la segunda columna tiene la frecuencia de las notas y la tercera columna tiene las longitudes de los tubos. En el siguiente capítulo aprenderemos a calcular las longitudes de los tubos.

En este ejemplo vemos una tabla para un tubófono afinado según la escala de Do Mayor, con una columna en el medio con las frecuencias de las notas que hemos conseguido en Wikipedia y una columna a la derecha para ir apuntando el resultado de nuestros cálculos:

Nota	Frecuencia	Longitud del tubo
Do ₃	261,626 Hz	
Re ₃	293,665 Hz	
Mi ₃	329,628 Hz	
Fa ₃	349,228 Hz	
Sol ₃	391,995 Hz	
La ₃	440,000 Hz	
Si ₃	493,883 Hz	
Do ₄	523,251 Hz	

5. **Suma las longitudes** que has calculado para todos los tubos. Así sabrás la cantidad total de metros de tubo que tienes que conseguir.
6. **Diseña la estructura que va a sostener los tubos.** Para hacer tu diseño piensa en qué uso va a tener: si va a estar siempre en un aula quizás necesitas que sea robusto y con ruedas. En cambio si lo vas a llevar a conciertos quizás necesitas que sea ligero y plegable. Ten en cuenta que los tubos tienen que quedar a una altura cómoda y estar bien alineados para que sean fáciles de tocar. Dibuja la estructura, calcula las medidas y haz una lista con los materiales que vas a necesitar.



7. **Consigue todos los materiales y herramientas de tu lista:** argollas, tornillos, maderas, tubos, sierras, tijeras, destornillador, pinturas, barnices, etc.
8. **Corta los tubos a las medidas que habías calculado.** Después de cortarlos revisa la afinación con un afinador eléctrico o usando tu oído y un piano.
9. **Lava los tubos y píntalos con sprays de colores.** Los colores ayudan a distinguir las notas y a recordarlas. Una buena idea es siempre usar los mismos colores para las notas en todos los instrumentos que fabriques (por ejemplo el Do siempre será verde, el Re siempre será amarillo, etc).
10. **Construye la estructura y monta los tubos.** No perfores los tubos para clavarlos a la estructura. En lugar de eso, usa argollas o cualquier agarre exterior que no dañe los tubos.
11. **Consigue unas chancletas viejas de goma o espuma.** Úsalas para golpear las bocas de los tubos y así hacerlos sonar. ¡Tu tubófono ya está listo!

FÓRMULA PARA CALCULAR LA LARGADA DE LOS TUBOS

Para calcular la largada de los tubos necesitaremos averiguar 3 cosas:

1. Qué notas queremos que tenga nuestro tubófono (cada tubo será una nota).
2. Las frecuencias de las notas que hayamos elegido (buscar en Wikipedia).
3. El diámetro del tubo (lo medimos).

Sabemos que las ondas del sonido se propagan por el aire a una velocidad aproximada de 343 metros por segundo. Con todos estos datos podremos fácilmente calcular la largada de cada tubo aplicando esta fórmula:

$$L \text{ del tubo} = \frac{v}{2 \times f} - \left(0,6 \times \emptyset \right)$$

La a misma fórmula explicada:

$$\text{Longitud del tubo} = \frac{343 \text{ m/s} \text{ (velocidad del sonido)}}{2 \times \text{Frecuencia de la nota deseada}} - \left(0,6 \times \text{Diámetro del tubo} \right)$$

Veamos un ejemplo. Queremos saber qué longitud de tubo necesitamos para producir la nota La₂. Buscamos en Wikipedia la frecuencia de la nota La₂ y descubrimos que es 220Hz. Medimos el diámetro de nuestro tubo y vemos que el diámetro es de 10 cm (tenemos que convertir la longitud a metros para unificar las unidades de medida: 10 cm = 0,1 metros). Sabemos que la velocidad de propagación del sonido por el aire es de 343 metros por segundo. Ponemos toda esta información en la fórmula:

$$\text{Longitud del tubo para la nota La 2} = \frac{343 \text{ m/s}}{2 \times 220 \text{ Hz}} - \left(0,6 \times 0,10 \text{ metros} \right) = 0,72 \text{ metros}$$

Gracias a nuestra fórmula hemos deducido que para producir la nota La_2 con un tubo de 10cm de diámetro necesitamos cortar el tubo para que tenga una longitud de 0,72m.

Importante: Cuando aplicamos fórmulas debemos unificar las unidades de medida. No podemos mezclar unidades de longitud diferentes como pulgadas, centímetros y metros en la misma fórmula.

A la hora de construir el tubófono tenemos que tener en cuenta la largada total del tubo. Si añadimos codos y conectores, estos van a hacer que el tubo sea más largo. Por lo tanto tenemos que asegurarnos que la largada total del tubo (boca + tubo + codos) tenga la longitud que hemos calculado.

Aun así, al final siempre es necesario retocar la afinación con la ayuda de un afinador eléctrico.

TABLA CON MEDIDAS DE TUBO YA CALCULADAS

Si quieres ahorrarte todos estos cálculos, aquí tienes una tabla con los cálculos ya hechos para tubos de 8, 9, 10, 11 y 12 cm de diámetro (las longitudes de la tabla son en metros).

NOTA	Frecuencia (Hz)	Diámetro tubo: 0,08 m (= 8 cm)	Diámetro tubo: 0,09 m (= 9cm)	Diámetro tubo: 0,1 m (= 10 cm)	Diámetro tubo: 0,11 m (= 11 cm)	Diámetro tubo: 0,12 m (= 12 cm)
Do 1	32,7032	5,2	5,19	5,18	5,18	5,17
Do# 1 / Re♭ 1	34,6478	4,9	4,9	4,89	4,88	4,88
Re 1	36,7081	4,62	4,62	4,61	4,61	4,6
Re# 1 / Mi♭ 1	38,8909	4,36	4,36	4,35	4,34	4,34
Mi 1	41,2034	4,11	4,11	4,10	4,1	4,09
Fa 1	43,6535	3,88	3,87	3,87	3,86	3,86
Fa# 1 / Sol♭ 1	46,2493	3,66	3,65	3,65	3,64	3,64
Sol 1	48,9994	3,45	3,45	3,44	3,43	3,43
Sol# 1 / La♭ 1	51,9131	3,26	3,25	3,24	3,24	3,23
La 1	55,0000	3,07	3,06	3,06	3,05	3,05
La# 1 / Si♭ 1	58,2705	2,9	2,89	2,88	2,88	2,87
Si 1	61,7354	2,73	2,72	2,72	2,71	2,71
Do 2	65,4064	2,57	2,57	2,56	2,56	2,55
Do# 2 / Re♭ 2	69,2957	2,43	2,42	2,41	2,41	2,4
Re 2	73,4162	2,29	2,28	2,28	2,27	2,26
Re# 2 / Mi♭ 2	77,7817	2,16	2,15	2,14	2,14	2,13
Mi 2	82,4069	2,03	2,03	2,02	2,02	2,01
Fa 2	87,3071	1,92	1,91	1,9	1,9	1,89
Fa# 2 / Sol♭ 2	92,4986	1,81	1,8	1,79	1,79	1,78
Sol 2	97,9989	1,7	1,7	1,69	1,68	1,68
Sol# 2 / La♭ 2	103,826	1,6	1,6	1,59	1,59	1,58
La 2	110,000	1,51	1,51	1,5	1,49	1,49
La# 2 / Si♭ 2	116,541	0,57	0,57	1,41	1,41	1,4
Si 2	123,471	1,05	1,05	1,33	1,32	1,32
Do 3	130,813	0,68	0,68	1,25	1,25	1,24
Do# 2 / Re♭ 2	138,591	0,83	0,83	1,18	1,17	1,17
Re 3	146,832	0,67	0,67	1,11	1,1	1,1
Re# 3 / Mi♭ 3	155,563	1,05	1,05	1,04	1,04	1,03
Mi 3	164,814	0,99	0,99	0,98	0,97	0,97
Fa 3	174,614	0,93	0,93	0,92	0,92	0,91
Fa# 3 / Sol♭ 3	184,997	0,88	0,87	0,87	0,86	0,86
Sol 3	195,998	0,83	0,82	0,82	0,81	0,8
Sol# 3 / La♭ 3	207,652	0,78	0,77	0,77	0,76	0,75
La 3	220,000	0,73	0,73	0,72	0,71	0,71
La# 3 / Si♭ 3	233,082	0,69	0,68	0,68	0,67	0,66
Si 3	246,942	0,65	0,64	0,63	0,63	0,62
Do 3	261,626	0,61	0,6	0,6	0,59	0,58

CONSEJOS

A través de la experiencia construyendo tubófonos hemos logrado entender algunas cosas que te van a ayudar a construir el tuyo. Consejos para construir un tubófono:

- Planifica bien tu tubófono: antes de empezar a construirlo haz primero tu diseño, los cálculos y la lista de material que necesitas.
- Busca tubos que estén en buen estado y sobretodo NO los perfores para clavarlos a la estructura. Usa argollas metálicas o algún sistema que no requiera hacer agujeros a los tubos.
- Si vas a un almacén de tubos, llévate una chancleta para probarlos antes de comprarlos. Hay muchos tipos de tubos hechos con tipos de plástico diferentes que pueden producir sonidos con texturas y resonancias diferentes. Pruébalos con tu chancleta y elige el que tenga un sonido que te guste más.
- Consigue tubos que tengan un diámetro de alrededor de 0,10 cm. Los tubos muy gruesos son más difíciles de hacer sonar y suenan con poco volumen.
- Recomendamos construir un tubófono dentro de la octava de Do2 a Do3 porque es la que suena mejor (ejemplo: nuestro segundo tubófono).
- Cuando calcules la longitud necesaria de cada tubo acuérdate de unificar las unidades de medida: no mezcles metros con centímetros o pulgadas. Convierte todas las longitudes a la misma unidad de medida.
- Recuerda que cada parte que añades al tubo hace que la longitud total sea más larga. Si añades conectores o codos, asegúrate que la longitud total del tubo es la que habías calculado.
- Una vez hayas cortado los tubos a la medida exacta que te da la fórmula, revisa la afinación con un afinador eléctrico o usando tu oído y un piano. Corta milímetros de aquí y de allá hasta que cada tubo esté perfectamente afinado.

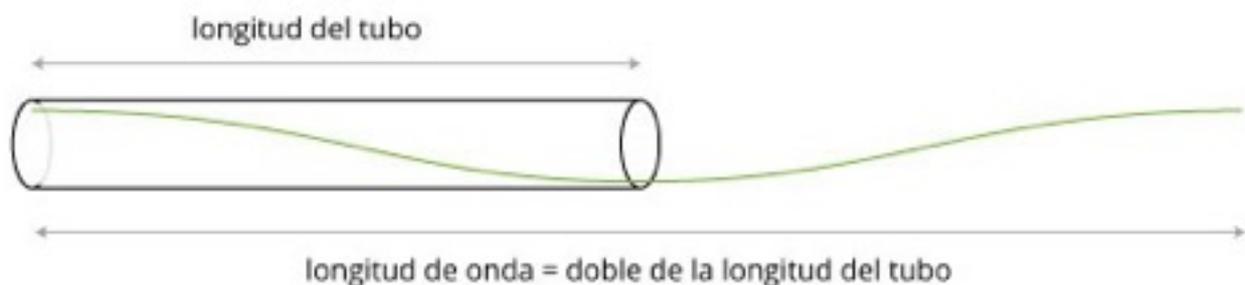
ACÚSTICA DE LOS TUBOS

Si quieres entender mejor cómo funciona la acústica de un tubo y cómo hemos llegado a deducir esta fórmula, a continuación te lo explicamos paso a paso.

Para que los tubos produzcan los sonidos que queremos, deben tener la longitud adecuada. La longitud de cada tubo determina la longitud de onda que corresponde al sonido que se produce. Los tubos largos producen longitudes de onda largas que suenan graves y los tubos cortos producen longitudes de onda cortas que suenan agudas.

Para calcular la longitud que necesitamos para cada tubo tendremos en cuenta tanto la frecuencia de la nota deseada y su longitud de onda, como el diámetro del tubo.

Antes de empezar debemos saber que un tubo produce un sonido con una longitud de onda que es el doble de la longitud del tubo. Es decir, un tubo que mide L metros produce un sonido con longitud de onda de 2L metros.



Por eso, para afinar un tubo y que éste produzca exactamente la nota que queremos, primero tenemos que saber la longitud de onda de la nota que deseamos. La información que tenemos a mano sobre las notas es normalmente su frecuencia en Hz. En Wikipedia podemos encontrar fácilmente las frecuencias de todas las notas. A partir de la frecuencia podemos calcular la longitud de onda con una sencilla fórmula:

$$\lambda = \frac{v}{f}$$

Sabemos que el La₂ tiene una frecuencia de 220Hz. Sabemos que el sonido viaja por el aire a una velocidad aproximada de 343 m/s (metros por segundo).

$$\lambda \text{ de La } 2 = \frac{343\text{m/s}}{220\text{Hz}} = 1,56 \text{ metros}$$

Con este cálculo hemos deducido que la longitud de onda de la nota La₂ es de 1,56 metros. Como sabemos que un tubo produce el doble de longitud de onda que su propia longitud, sólo nos falta dividir ese número entre 2. Por lo tanto, para producir la nota La₂ necesitamos un tubo que mida 0,78 metros.

$$L \text{ del tubo} = \frac{\lambda}{2}$$

En realidad hasta ahora hemos basado nuestros cálculos en una aproximación. En teoría un tubo produce una longitud de onda de exactamente el doble de su longitud, pero en la realidad eso no es exactamente así. La velocidad de la onda del sonido en el aire no es constante. Depende de muchas variables como por ejemplo de la presión atmosférica (que a su vez depende de la temperatura y de la altitud) y de la resistencia que encuentra el aire al hacer fricción con el material del tubo.

Para afinar bien nuestro tubo y corregir esta desviación deberemos aplicar un cálculo más: es la corrección final. Después de realizar pruebas con muchos tubos en diferentes condiciones, los científicos que lo han estudiado han determinado una fórmula para calcular la corrección final. Tendremos que multiplicar el diámetro (Ø) del tubo por 0,6. El número resultante lo restaremos a la longitud aproximada que habíamos calculado:

$$L \text{ real del tubo} = \frac{\lambda}{2} - (0,6 \times \text{Ø})$$

En nuestro ejemplo vamos a calcular la largada real del tubo para producir la nota La₂. Supongamos que nuestros tubos tienen 10 cm de diámetro. Aplicaremos la fórmula anterior, teniendo cuidado de unificar las unidades de medida (hasta ahora hemos usado metros, por lo tanto tendremos que convertir 10 cm a metros, que son 0,1 metros).

$$\text{Longitud real del tubo para la nota La}_2 = \frac{1,56 \text{ m}}{2} - (0,6 \times 0,1 \text{ m}) = 0,72 \text{ m}$$

Gracias a este proceso de cálculo hemos podido deducir que para producir la nota La₂ con un tubo de 10cm de diámetro necesitamos cortar el tubo para que tenga una longitud de 0,72m.

Esta explicación nos ha servido para comprender la lógica del sonido que producen los tubos. En la práctica es mucho más fácil agrupar todos estos cálculos en una sola fórmula:

$$L \text{ del tubo} = \frac{v}{2 \times f} - (0,6 \times \emptyset)$$

EJEMPLOS

Primer tubófono con tubos rígidos

Este fue nuestro primer tubófono hecho con tubos de PVC sanitarios, de los que se usan para tuberías de agua para las casas. Usamos 8 tubos afinados formando la escala de Re Mayor.



Cortamos los tubos con una sierra eléctrica



Limpiamos y pintamos los tubos



Construimos una estructura de madera



Atamos los tubos con cuerdas



Este primer modelo nos sirvió para aprender mucho nuestros errores nos sirvieron para construir un segundo tubófono mucho mejor. Nuestros fallos con el primer modelo fueron:

1. Diámetro de los tubos demasiado grueso: el volumen del sonido era bajo.
2. Los tubos estaban amarrados con cerdas a la estructura y con el tiempo se iban deslizando hacia abajo.

Segundo tubófono con tubos rígidos

Para construir nuestro segundo tubófono desmontamos el que ya teníamos y usamos la misma estructura de madera para sostener los tubos. Para elegir los tubos fuimos a un distribuidor y probamos cómo sonaban los diferentes materiales y grosores. Esta vez usamos tubos de PVC sanitarios de un diámetro más estrecho que el que habíamos usado antes. Usamos 9 tubos formando la escala de Re Mayor (toda una octava más una nota: de Re₂ a Mi₃).



Queríamos que este tubófono sonara una octava más grave que el anterior, para que nos sirviera de bajo en nuestro ensamble musical. Vimos que necesitábamos tubos muy largos y que esta vez teníamos que doblarlos de alguna manera para que cupieran en la estructura. Por eso usamos "codos" y conectores en forma de "U".

Calculamos las longitudes, los cortamos y les añadimos los codos. Una vez montados, los acabamos de afinar cortando poco a poco hasta que suene la nota deseada. Luego los limpiamos y los pintamos con sprays de colores.



Esta vez amarramos los tubos a la estructura de madera con argollas metálicas de las que se usan justamente para sostener tubos.

También pusimos conectores en las bocas de los tubos para que los tubos no se escurran a través de las argollas (pieza blanca que conecta dos tubos).

Este tubófono suena mucho mejor que el primero que hicimos también es más resistente.

Tubófono con tubos flexibles

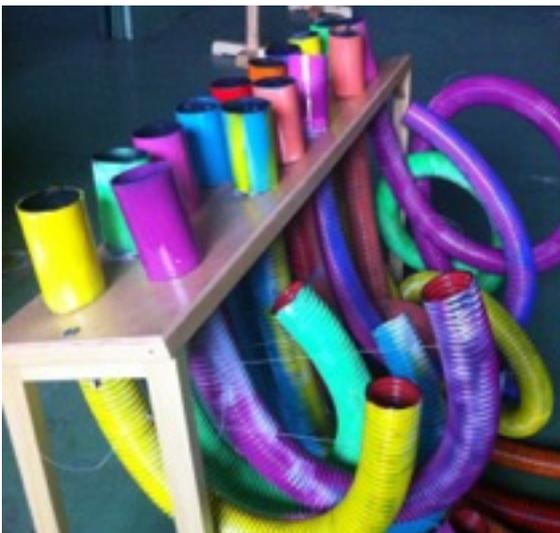
Uno de los tubófonos más divertidos que hemos construido es el tubófono con tubos flexibles. Usamos un rollo de tubo de los que se usan para enterrar cables eléctricos en las vías públicas. La ventaja de usar este tipo de tubo es que es mucho más fácil de cortar, ya que se puede hacer con unas simples tijeras. Además no hace falta añadirle conectores porque al ser flexible se puede enrollar. Este tubófono es más versátil que los dos anteriores que hicimos, ya que en este caso usamos 15 tubos afinados formando la escala cromática (una octava más 2 notas más, de Do_2 a Re_3). Un carpintero nos hizo una estructura de madera desmontable para soportar los tubos.



Cortamos los tubos



Limpiamos y pintamos los tubos



Enrollamos los tubos los tubos y los atamos con hilo.

