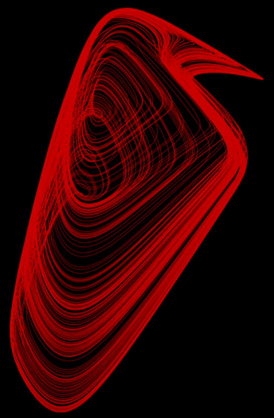


¿Por que usamos notas?

¿Cuantas notas hay?

¿Cuales son?

¿Hay razones fisicas para elegir unas y no otras?

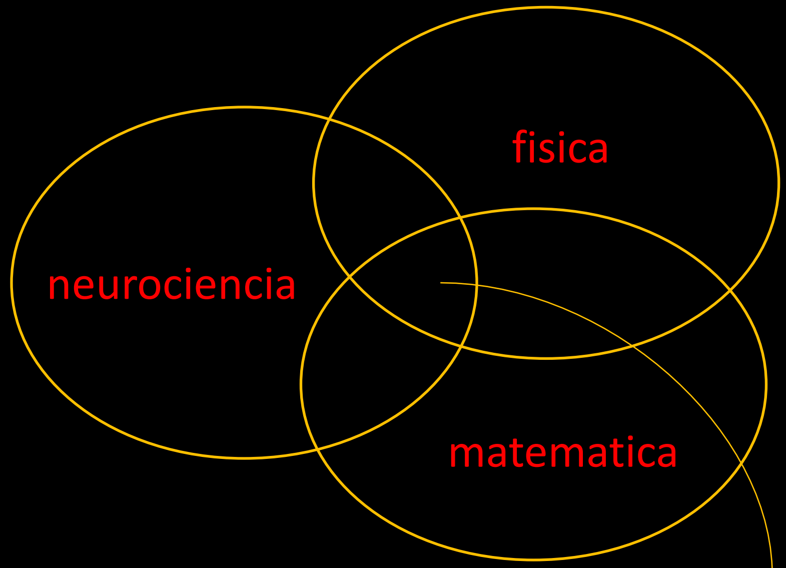
¿Son elecciones arbitrarias?

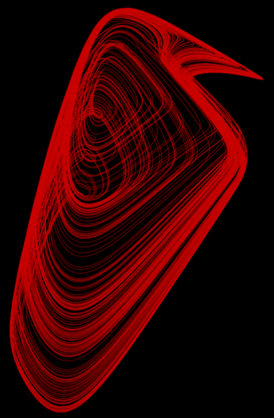
¿Son elecciones esteticas? Culturales?

¿Por que se repite el patron de notas cada 12?

¿Por que blancas y negras?

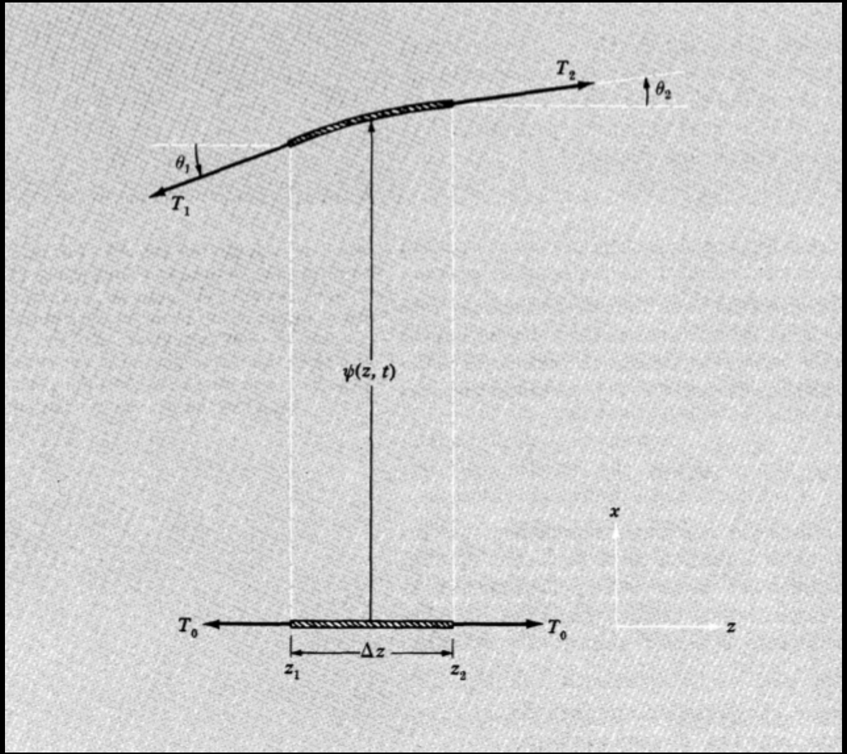
¿Por que las negras agrupadas de a dos y tres?





Estas dos cuerdas, tocadas simultaneamente, suenan bien repaso

Para avanzar en la comprension del por que, vamos a repasar la fisica detras de las oscilaciones de una cuerda.



$$F_x(t) = T_2 \tan(\theta_2)\cos(\theta_2) - T_1 \tan(\theta_1)\cos(\theta_1)$$

$$= T_0 \tan(\theta_2) - T_0 \tan(\theta_1)$$

$$= T_0 \left(\frac{\partial \psi}{\partial z}\right)_2 - T_0 \left(\frac{\partial \psi}{\partial z}\right)_1 \sim T_0 \Delta z \frac{\partial^2 \psi}{\partial z^2}$$

$$\rho_0 \Delta z \frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2} = T_0 \Delta z \frac{\partial^2 \psi}{\partial z^2}$$

$$\boxed{\frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2} = \frac{T_0}{\rho_0} \frac{\partial^2 \psi}{\partial z^2}}$$

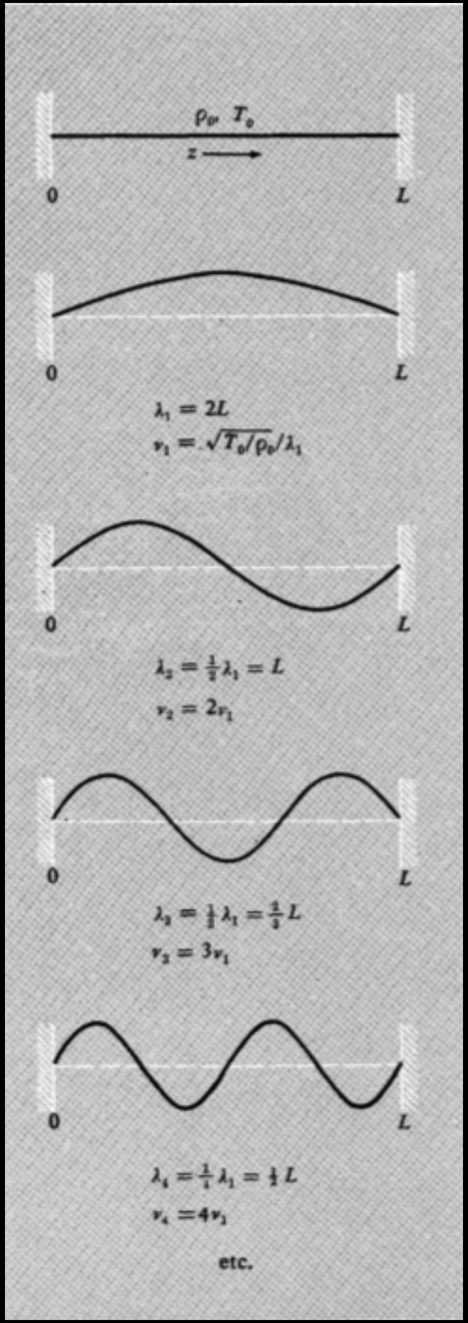
repaso

$$\varphi(z,t) = \cos(\omega t + \varphi)\left(A\sin\left(\frac{2\pi}{\lambda}z\right) + B\cos\left(\frac{2\pi}{\lambda}z\right)\right)$$

Al plantear que esto debe cumplir la ecuacion diferencial,
Ademas se establece una relacion entre los λ_n y las ω=ω_n

$$\left(\frac{2\pi}{\lambda_n}\right)^2 = {\omega_n}^2\left(\frac{\rho_0}{T_0}\right)$$

$$\lambda\nu = constante$$



Un tema mas a repasar…

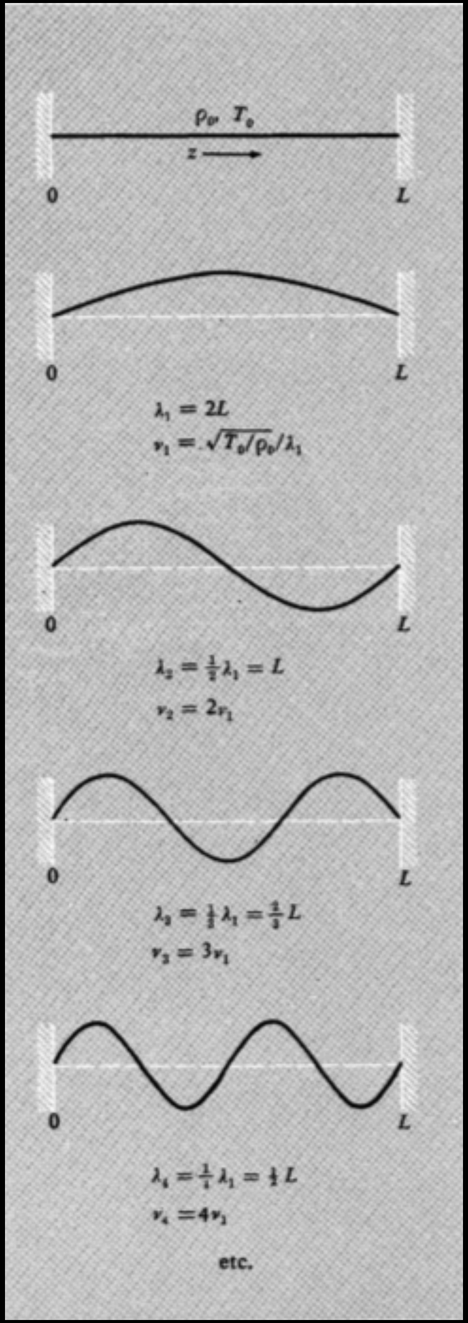
El estado de movimiento mas general de una cuerda continua uniforme puede describirse como una superposicion de estos modos, con amplitudes A_1, A_2,… y fases $\varphi_1, \varphi_2, \ldots$

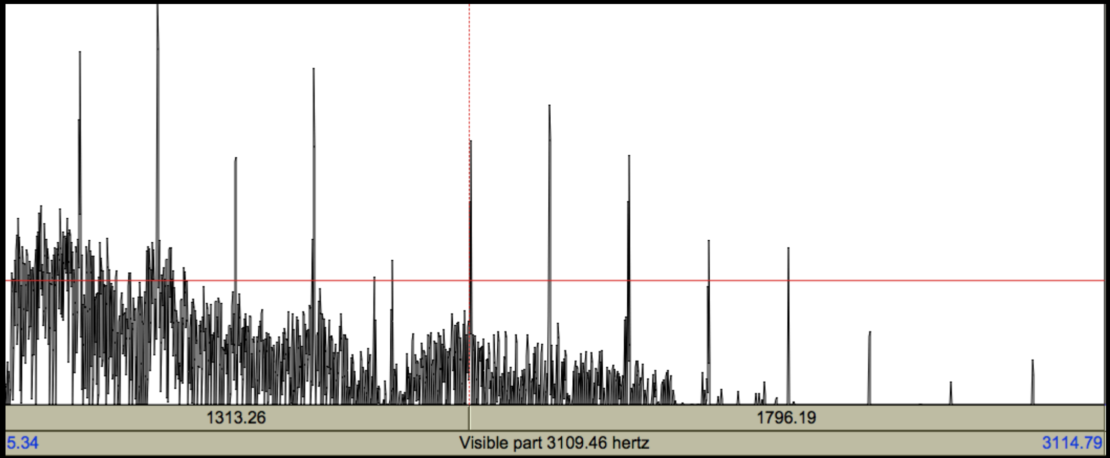
$$\varphi(z,t) = A_1 \sin(k_1) \cos(\omega_1 t + \varphi_1) + A_2 \sin(k_2) \cos(\omega_2 t + \varphi_2) + \cdots$$

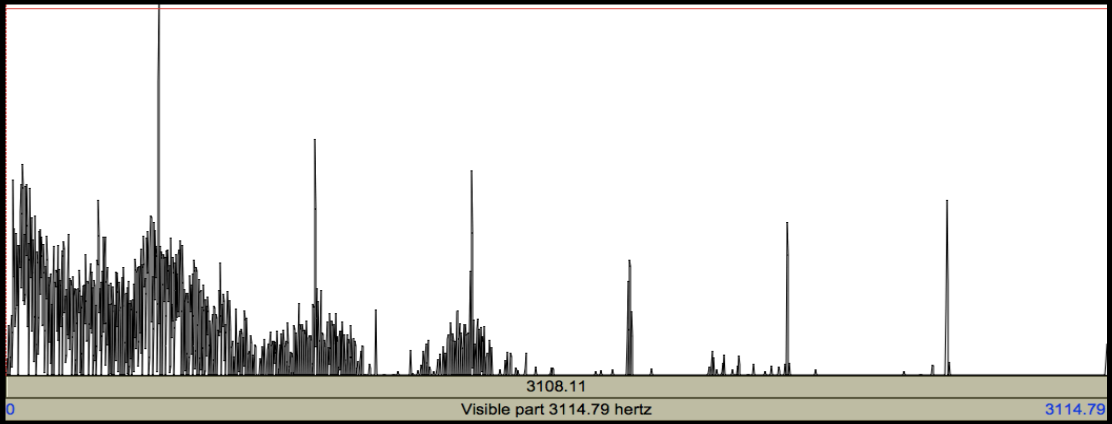
Y si partimos de t=0 con una deformacion estacionaria f=f(z). (velocidad nula)

$$\boxed{\varphi(z,t) = A_1 \sin(k_1) \cos(\omega_1 t) + A_2 \sin(k_2) \cos(\omega_2 t) + \cdots}$$

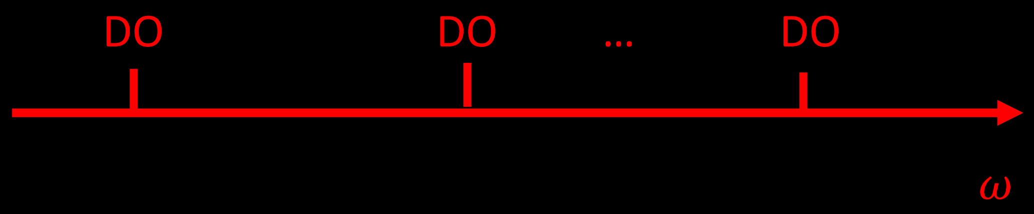
$$\boxed{\varphi(z,0) = A_1 \sin(k_1) + A_2 \sin(k_2) + \cdots}$$

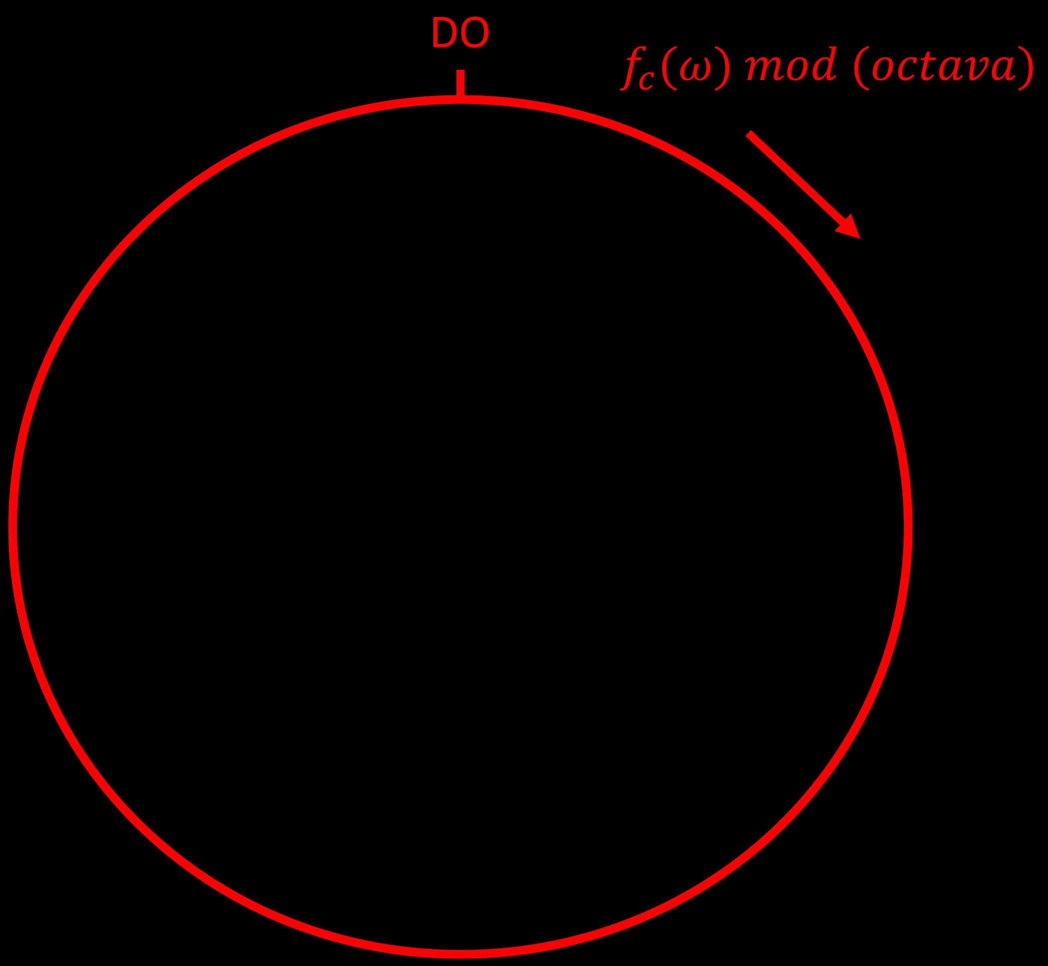


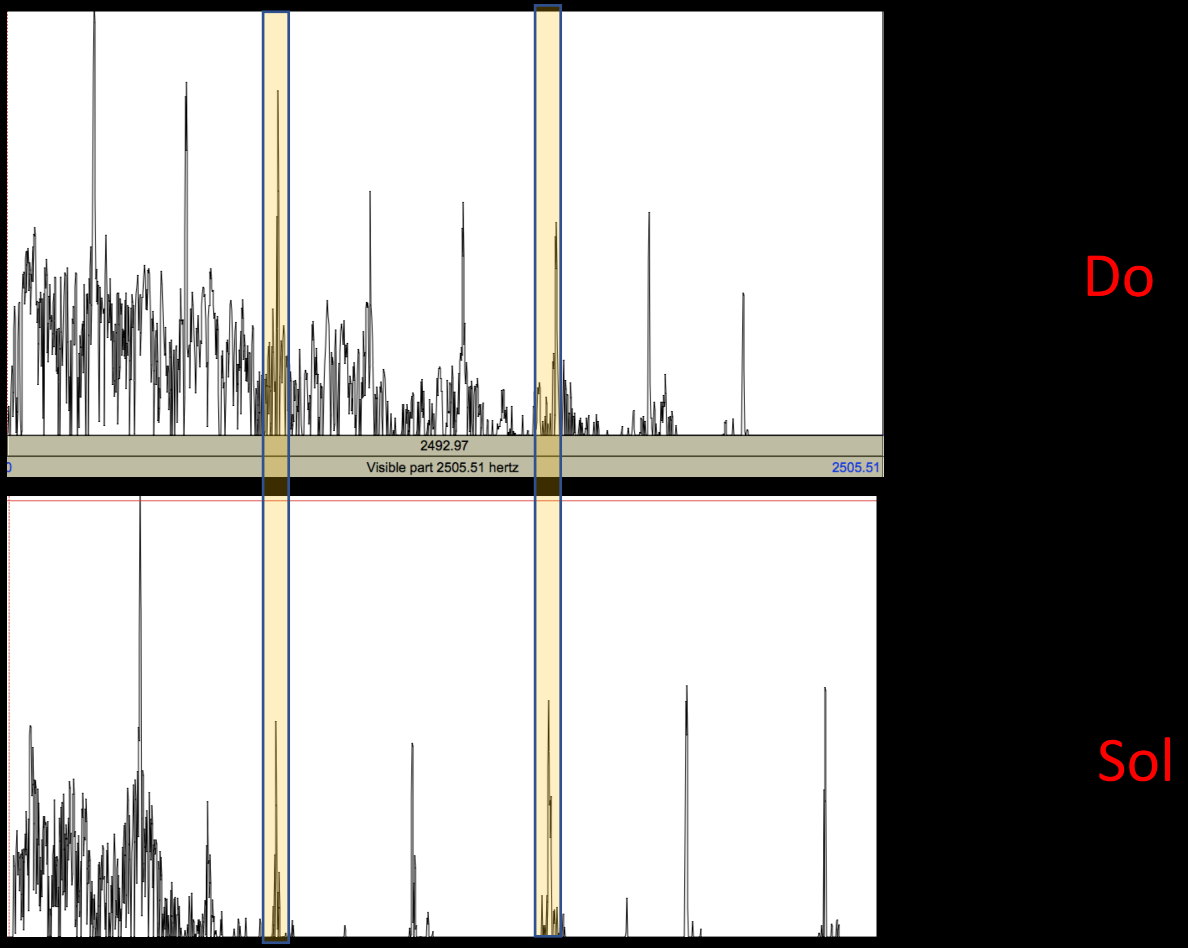

1313.26
1796.19
5.34
Visible part 3109.46 hertz
3114.79


3108.11
0
Visible part 3114.79 hertz
3114.79

Es esa “facilidad percecptual” la que lleva plantearnos una “simetria de fase” en el problema

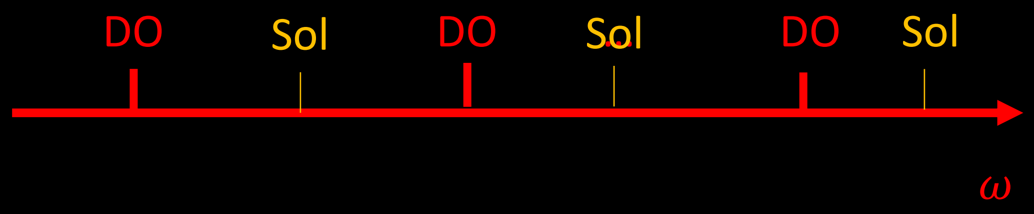


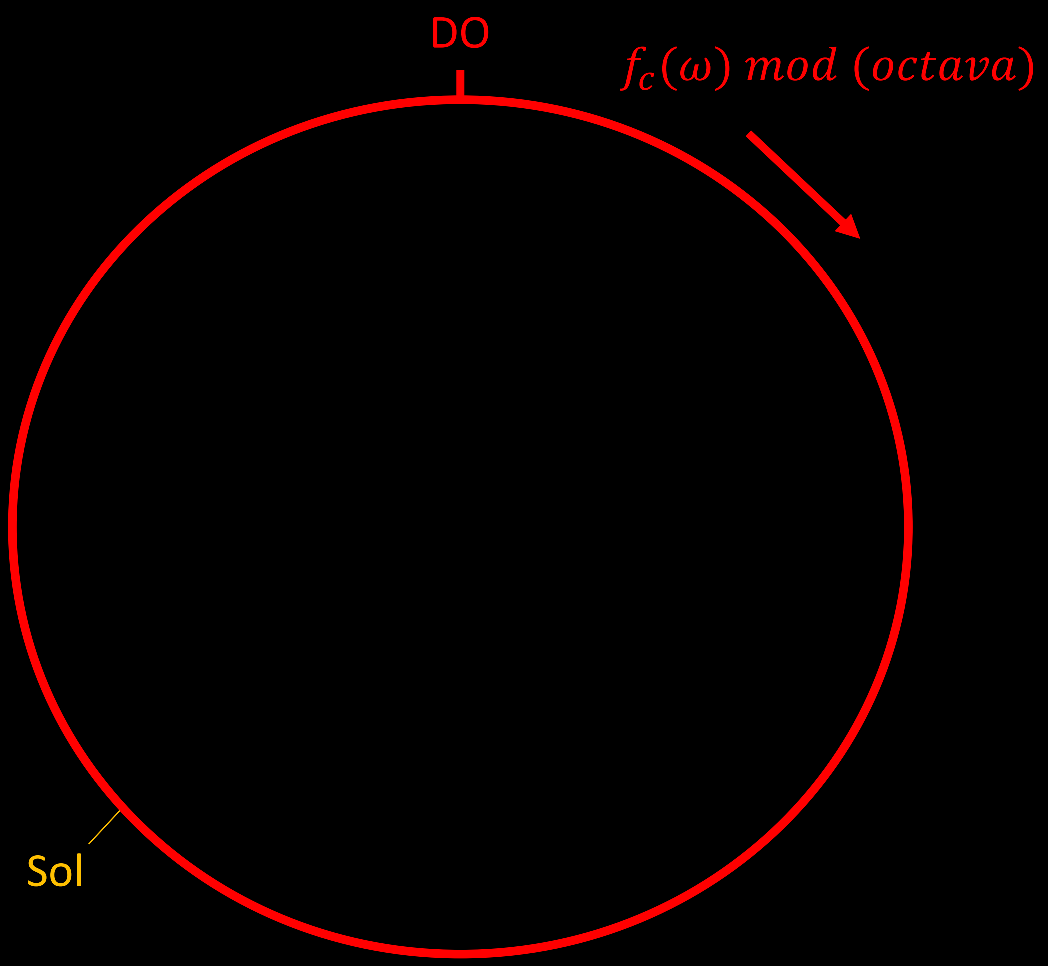




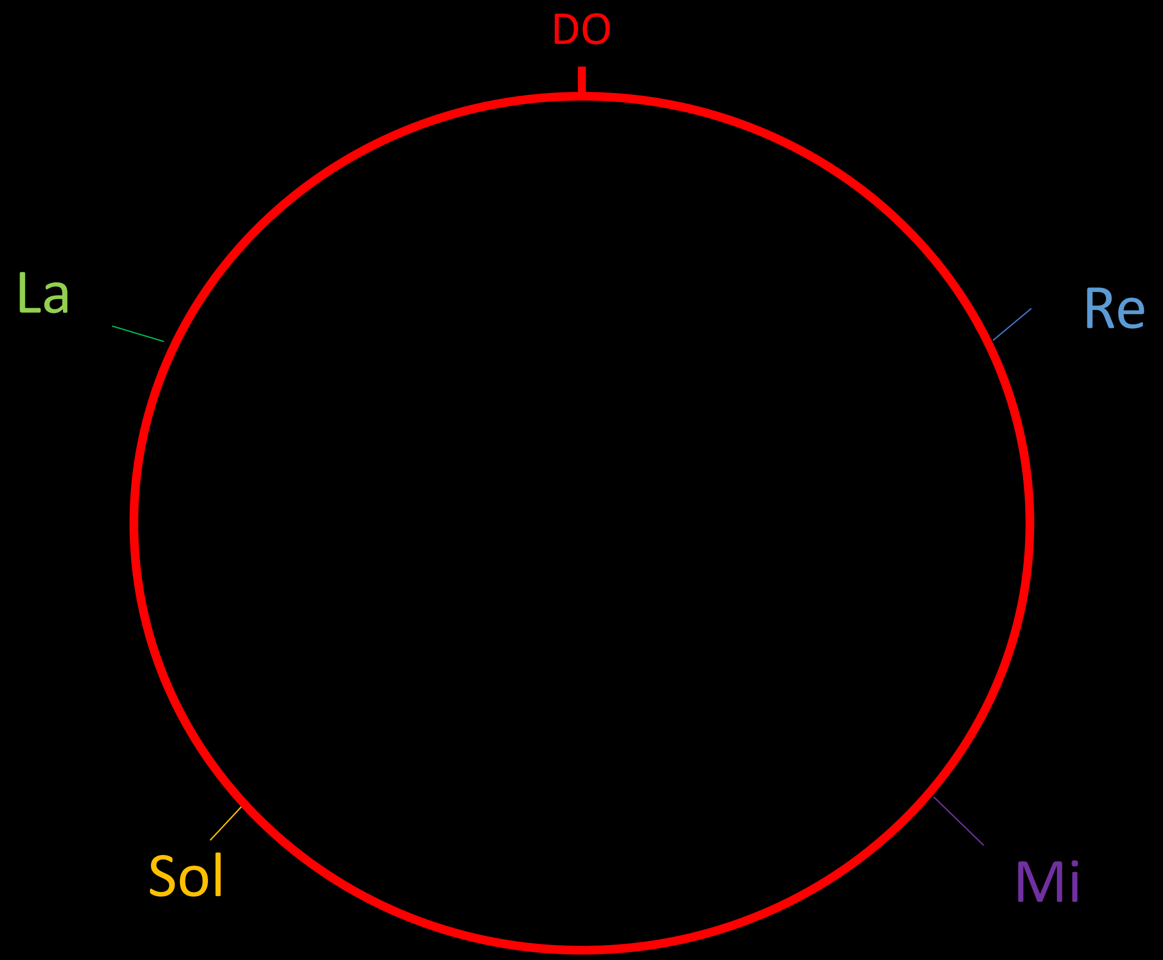
Con la quinta aparecen cosas nuevas... pero tampoco tantas!

Es esa “facilidad percecptual” la que lleva plantearnos una “simetria de fase” en el problema





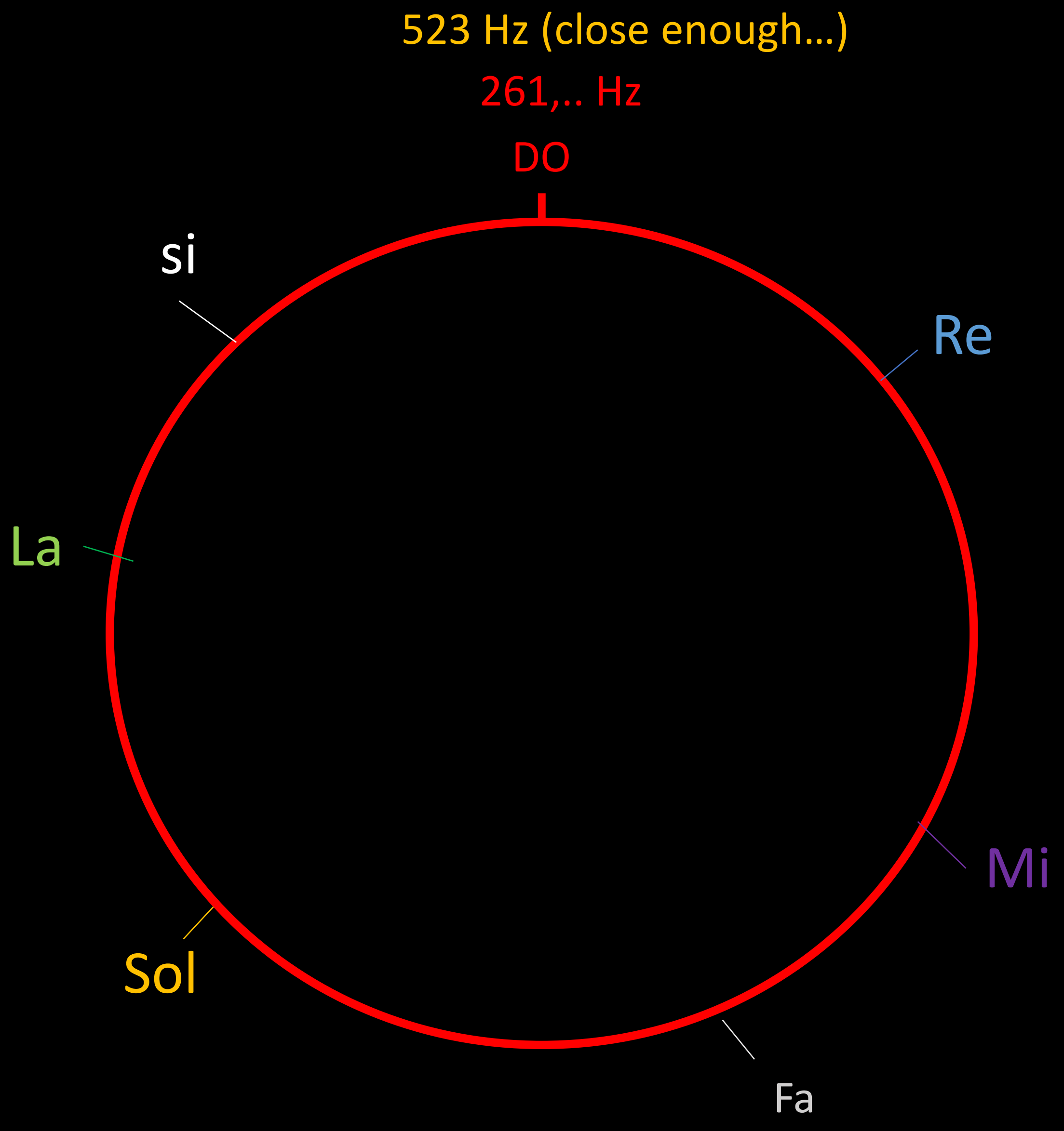
Cuando pusimos cinco escalones...



Una escala pentatonica.
Esta escala se empleo, historicamente,
En asia menor, por siglos.

Y si seguimos, que otras escalas aparecen?

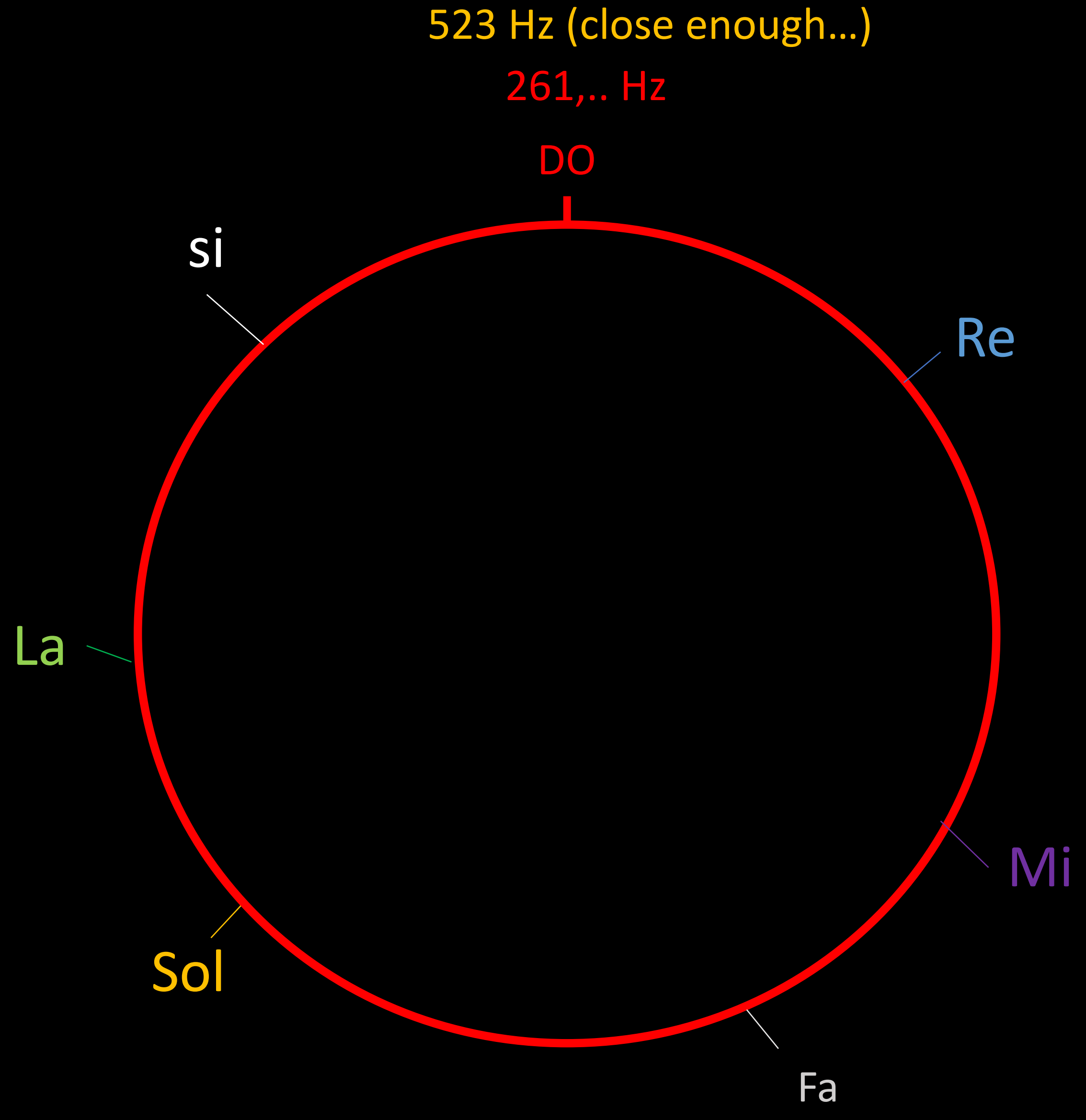
Y mas, siempre con quintas...



Ejercicio. Calcular, de la grabacion, las frecuencias fundamentales para las notas, y cuantificar las diferencias (pista, usar escala lineal... y logarítmica)

Comenzando en Do, tenemos la escala de do mayor

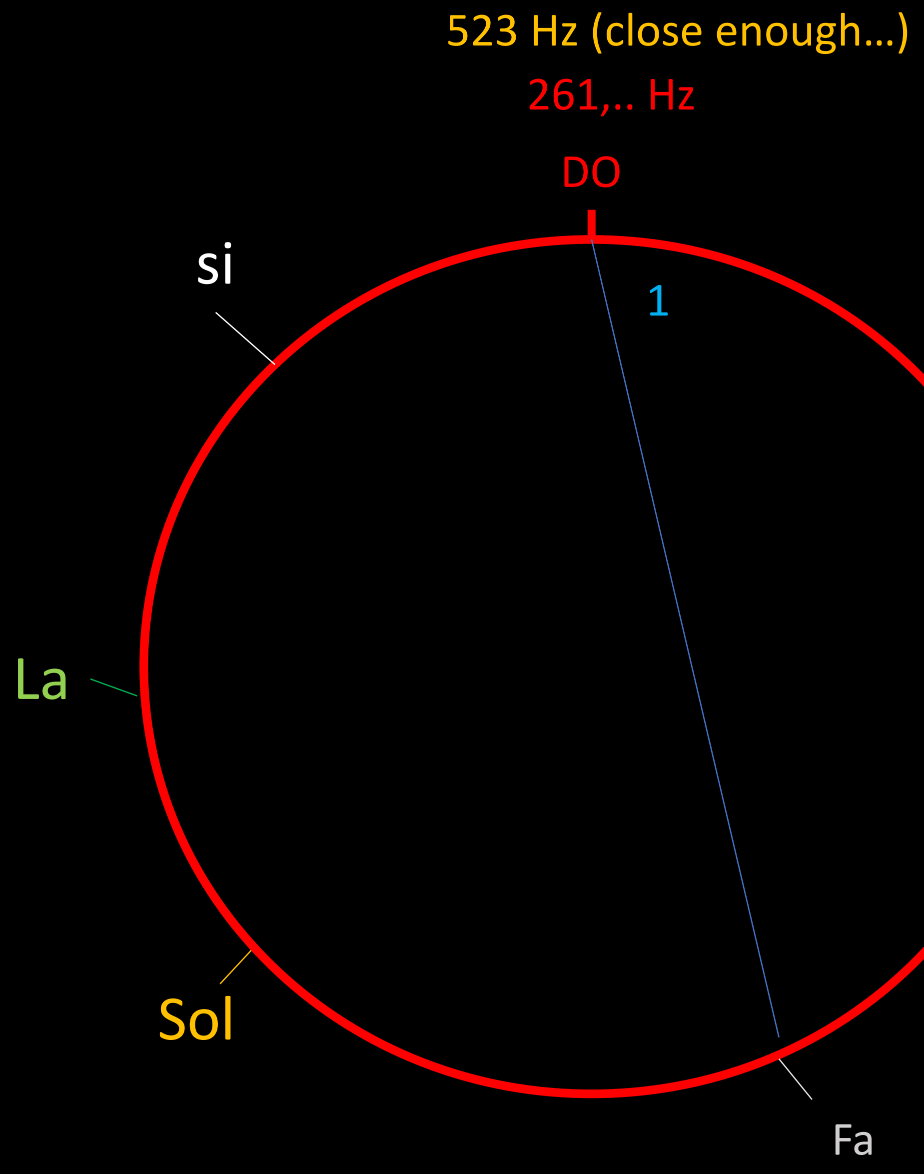
Y mas, siempre con quintas...



Recorramos
por quintas
Consecutivas:

De fa a do
De do a sol
De sol a re
De re a la
De la a mi
De mi a si

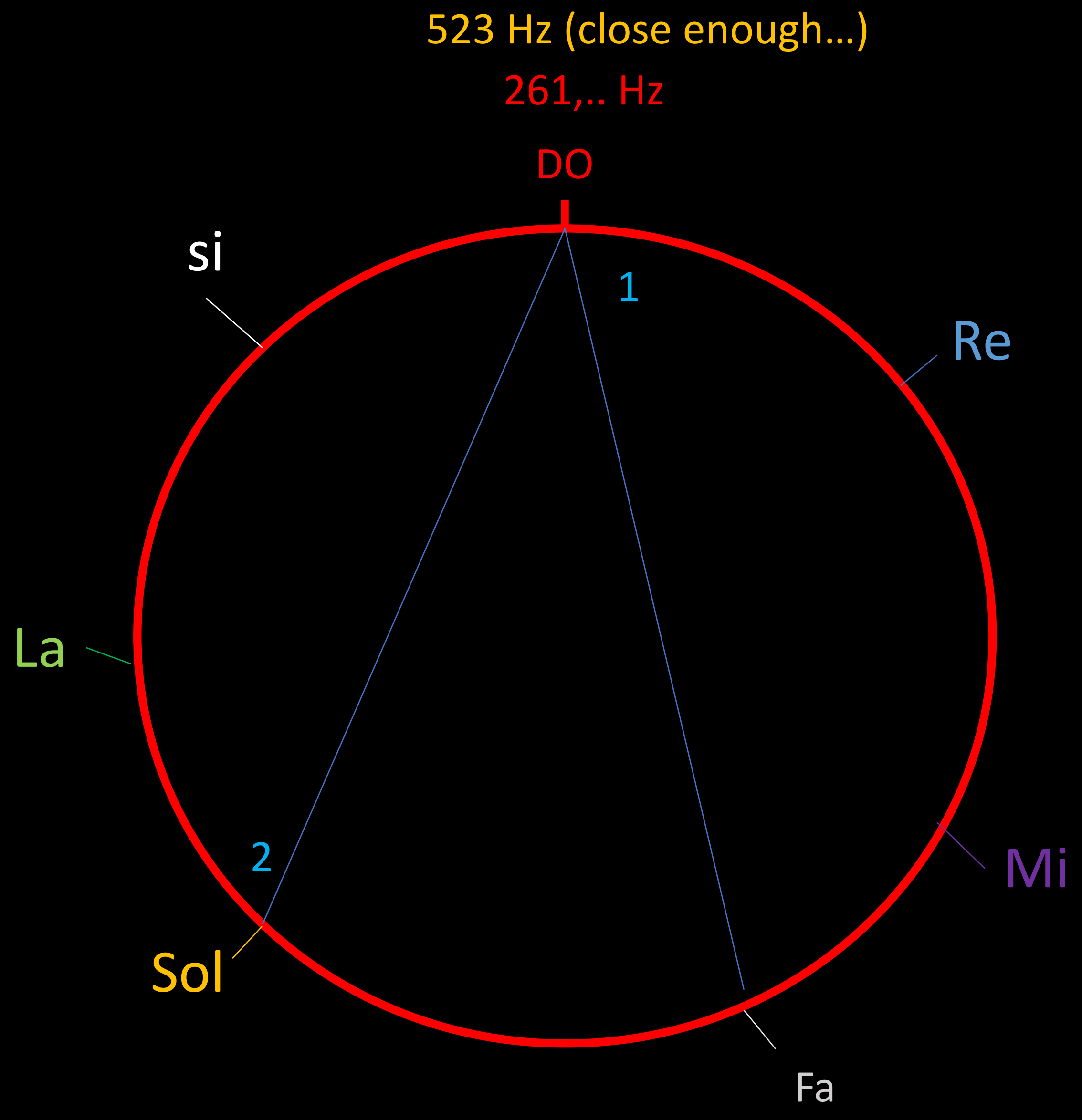
Y mas, siempre con quintas…



Recorramos
por quintas
Consecutivas:

De fa a do (1)
De do a sol
De sol a re
De re a la
De la a mi
De mi a si

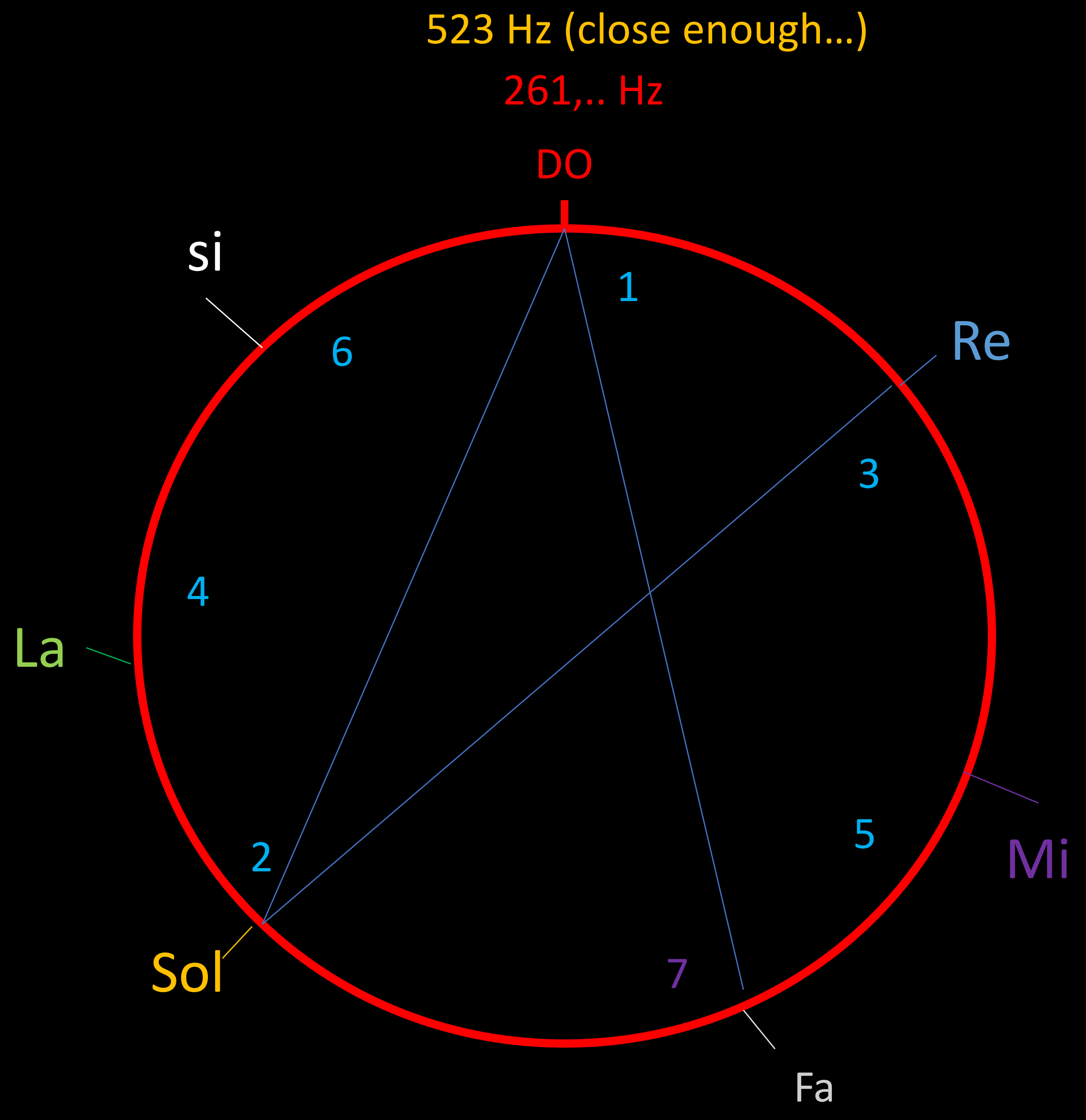
Y mas, siempre con quintas...



Recorramos
por quintas
Consecutivas:

De fa a do (1)
De do a sol (2)
De sol a re
De re a la
De la a mi
De mi a si

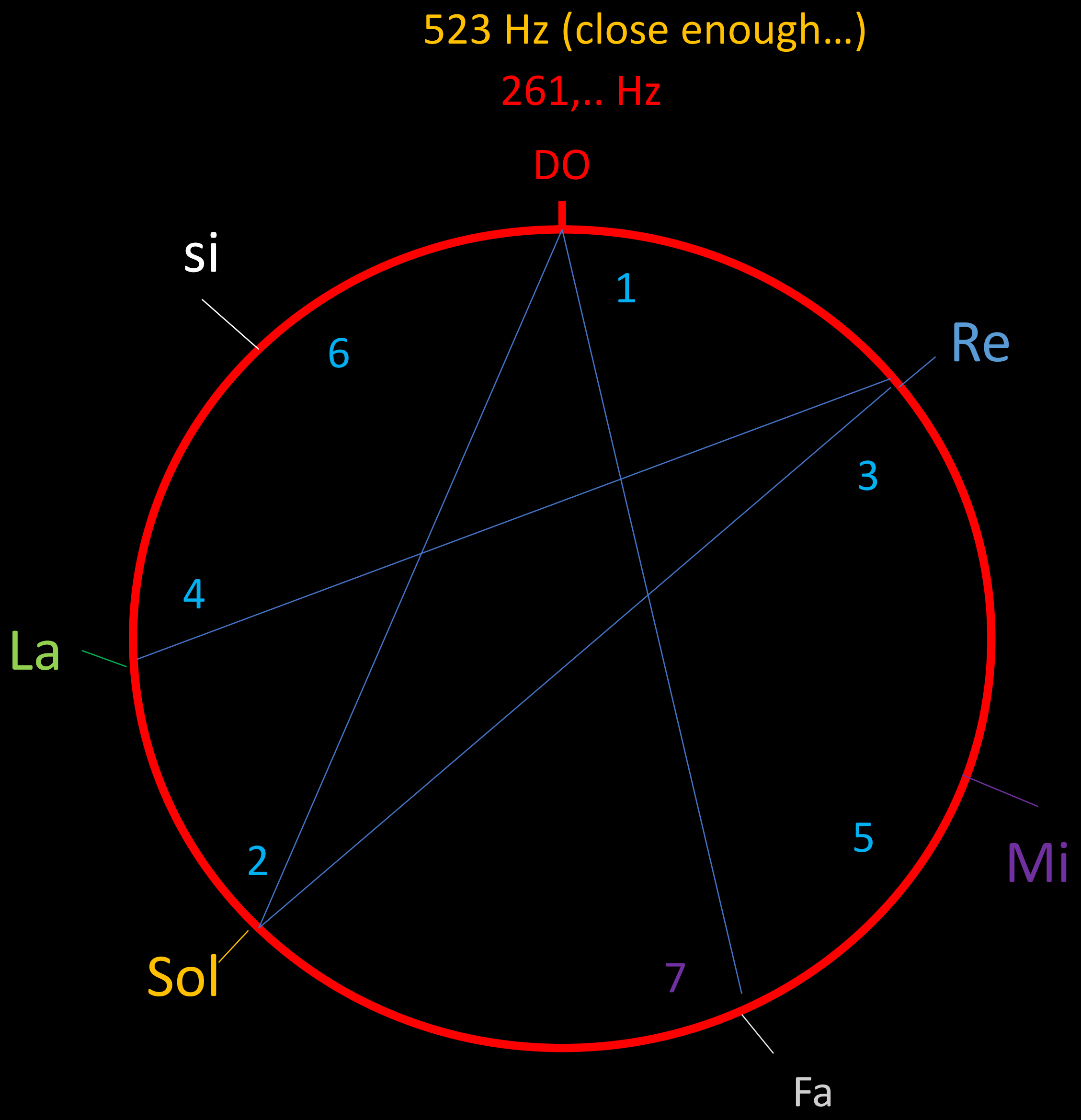
Y mas, siempre con quintas...



Recorramos
por quintas
Consecutivas:

De fa a do (1)
De do a sol (2)
De sol a re (3)
De re a la (4)
De la a mi (5)
De mi a si (6)
De si a fa (7)

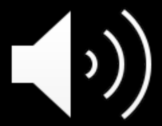
Y mas, siempre con quintas…

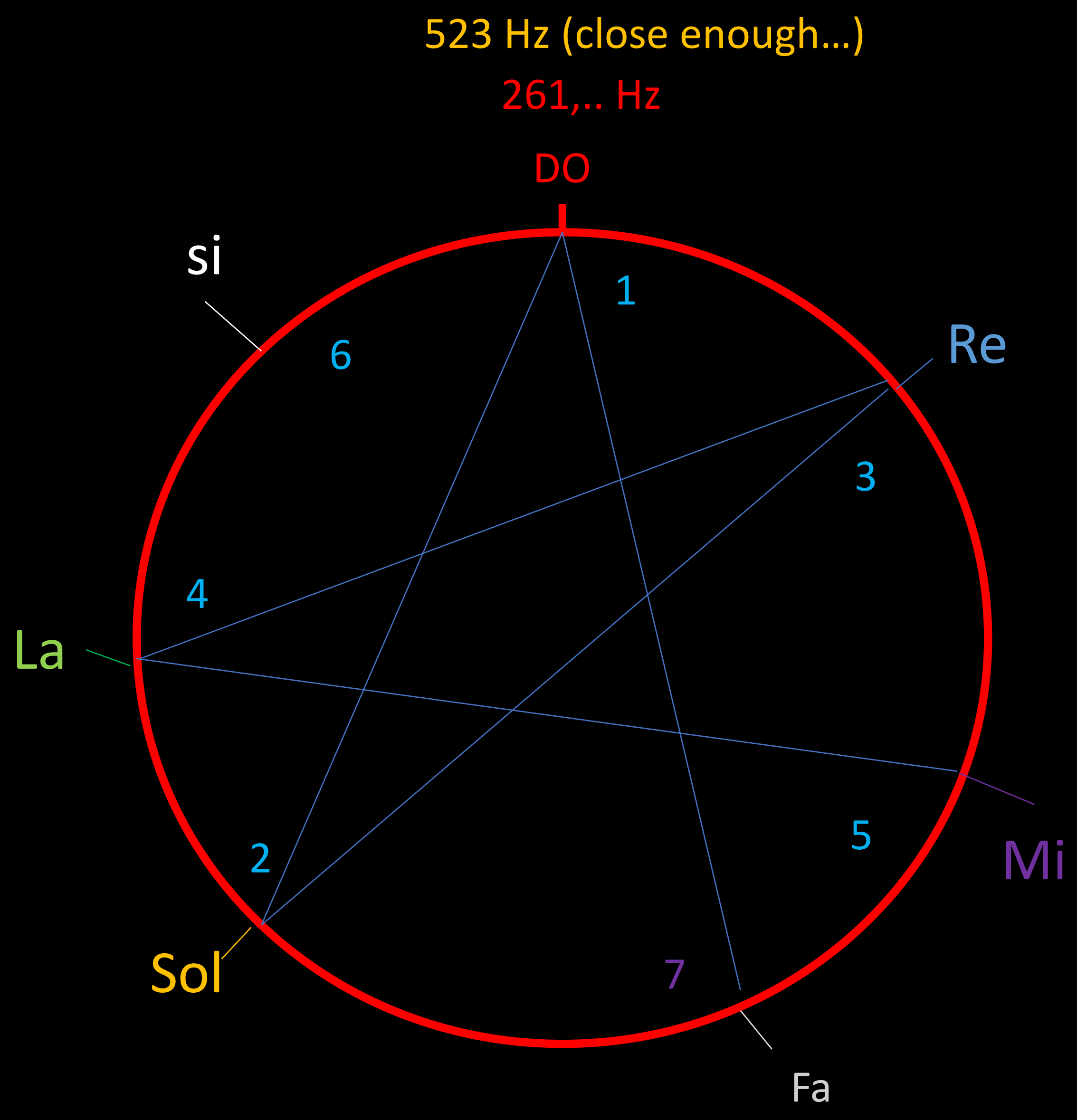


Recorramos
por quintas
Consecutivas:

De fa a do (1)
De do a sol (2)
De sol a re (3)
De re a la (4)
De la a mi (5)
De mi a si (6)
De si a fa (7)

Y mas, siempre con quintas...

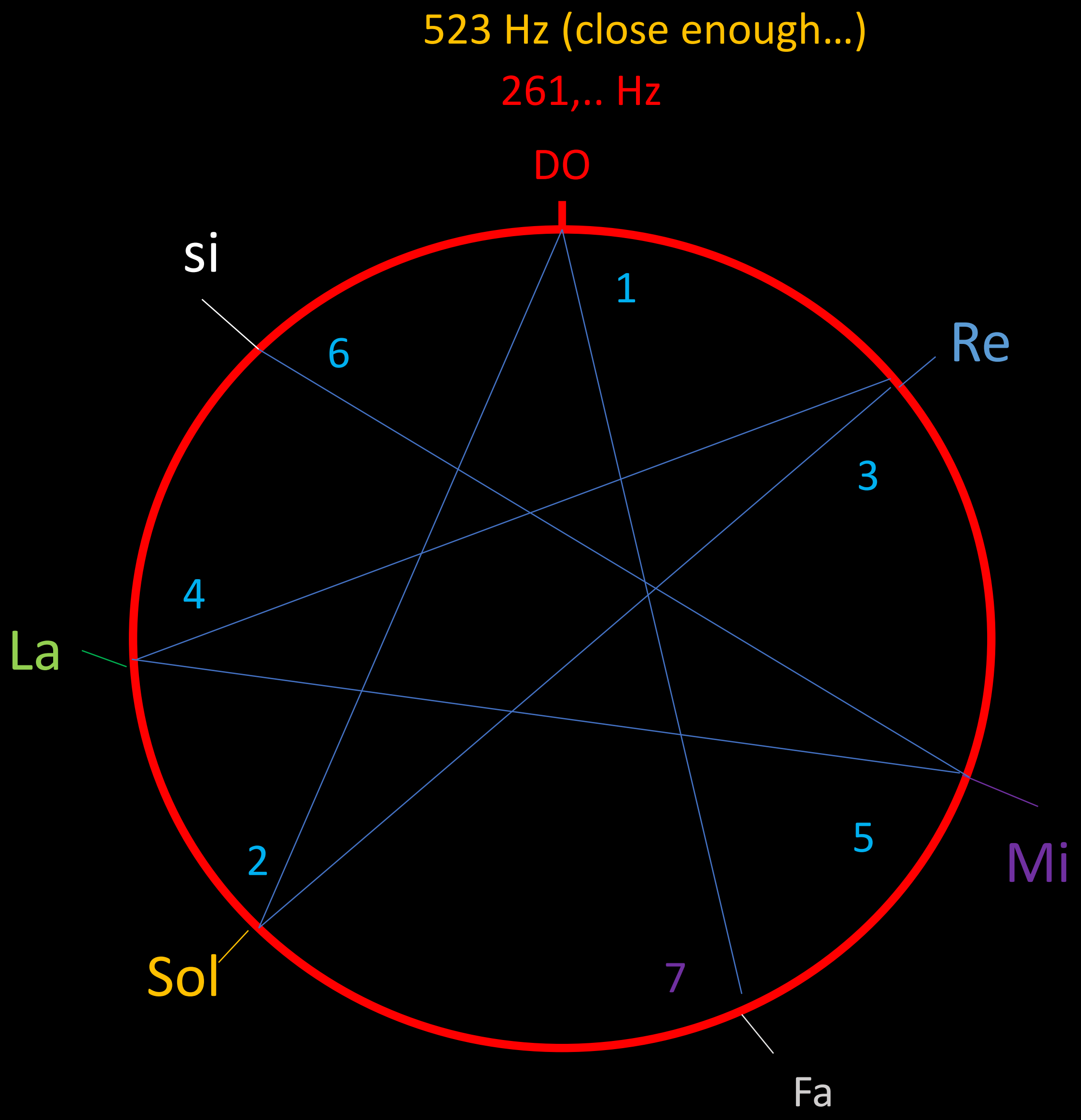




Recorramos por quintas Consecutivas:

De fa a do (1)
De do a sol (2)
De sol a re (3)
De re a la (4)
De la a mi (5)
De mi a si (6)
De si a fa (7)

Y mas, siempre con quintas...



Recorramos
por quintas
Consecutivas:

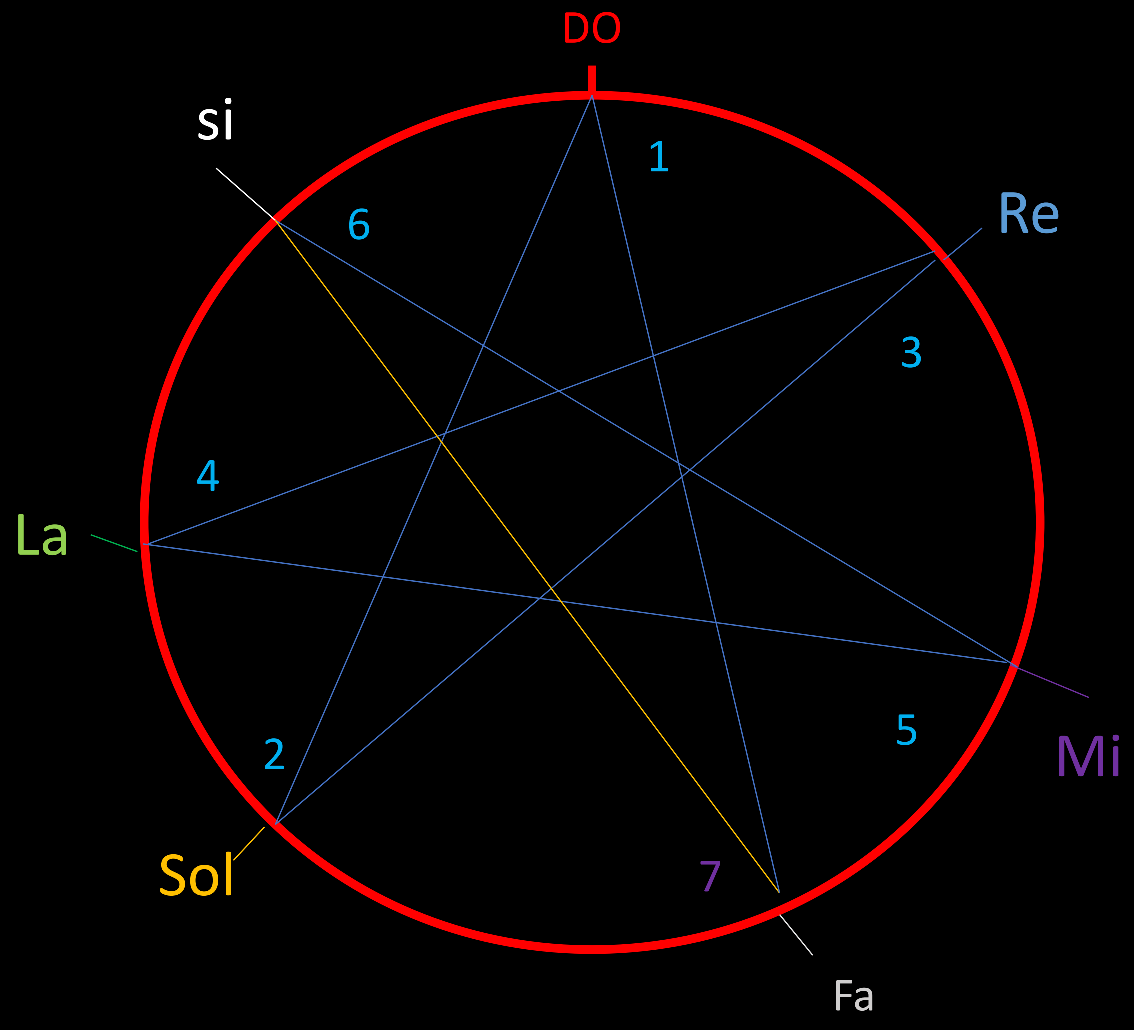
De fa a do (1)
De do a sol (2)
De sol a re (3)
De re a la (4)
De la a mi (5)
De mi a si (6)
De si a fa (7)

Y mas, siempre con quintas…

Guarda… de si a fa unimos
Por cerrar el circuito, no porque
Fa sea la quinta de si, que no lo es!

523 Hz (close enough…)

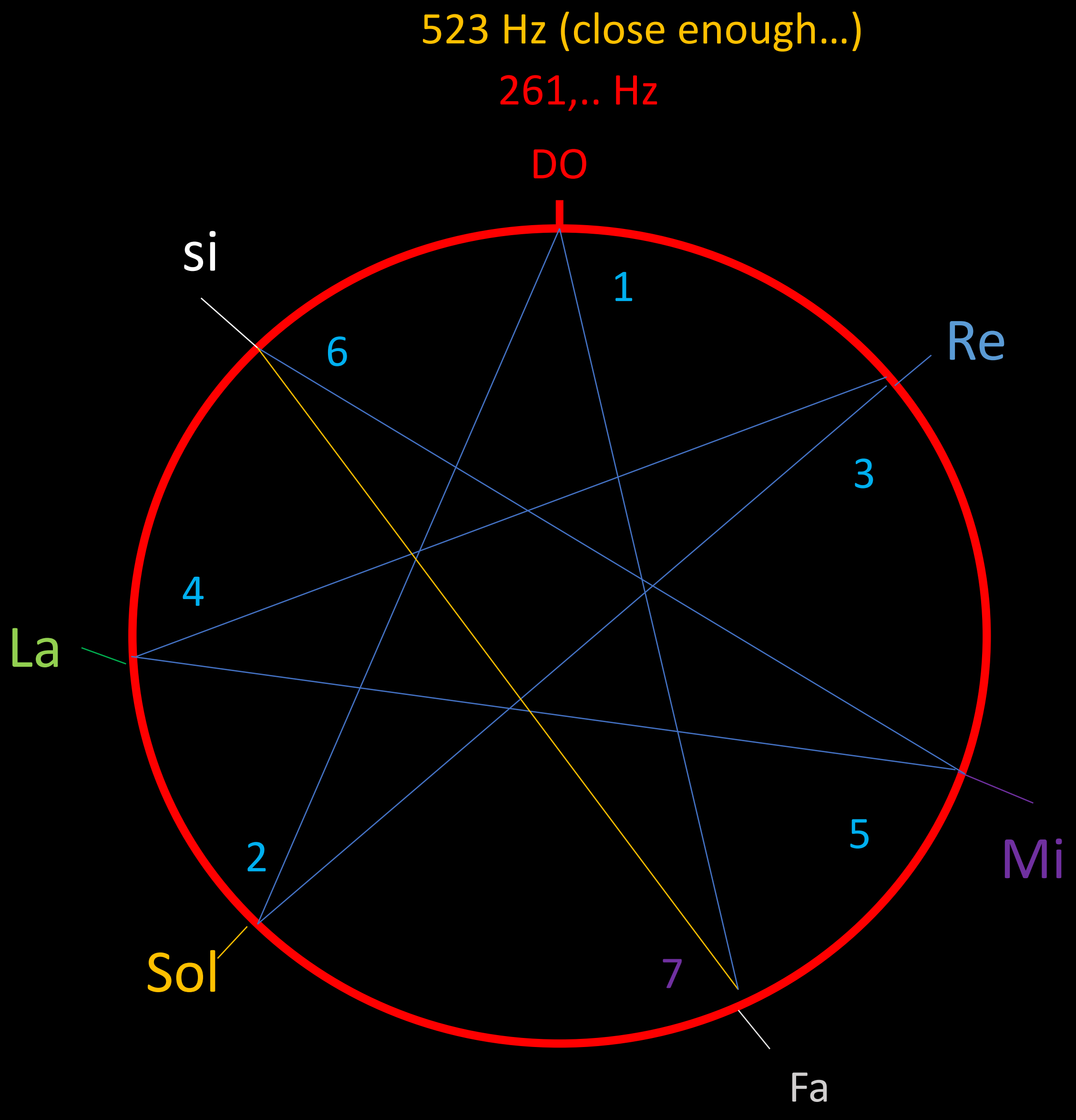
261,.. Hz



Recorramos
por quintas
Consecutivas:

De fa a do (1)
De do a sol (2)
De sol a re (3)
De re a la (4)
De la a mi (5)
De mi a si (6)
De si a fa (7)

Y mas, siempre con quintas...



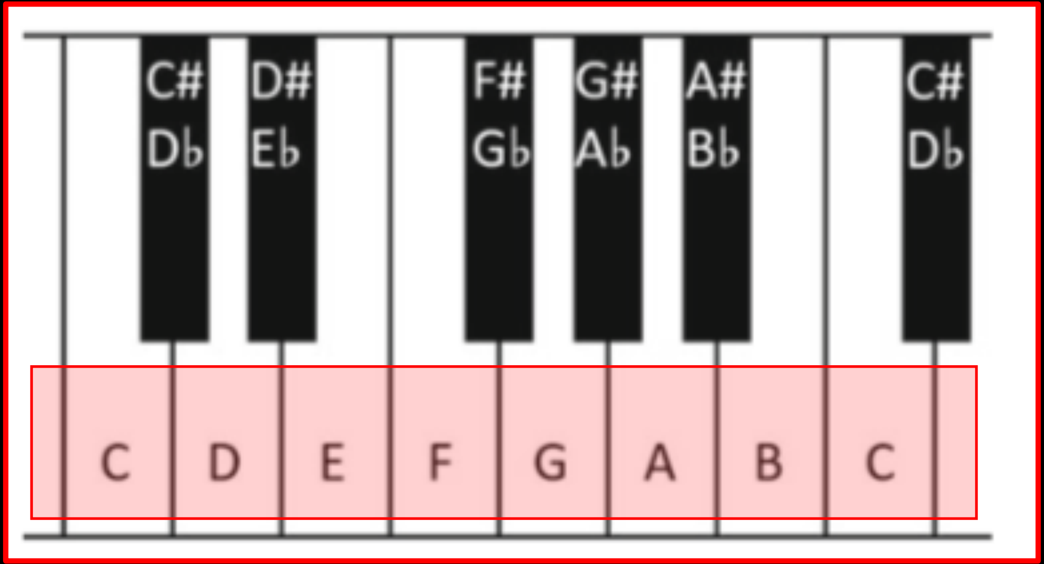
Notar la siguiente estructura simétrica en la escala de Do mayor (la escala de la novicia rebelde)

Z_7

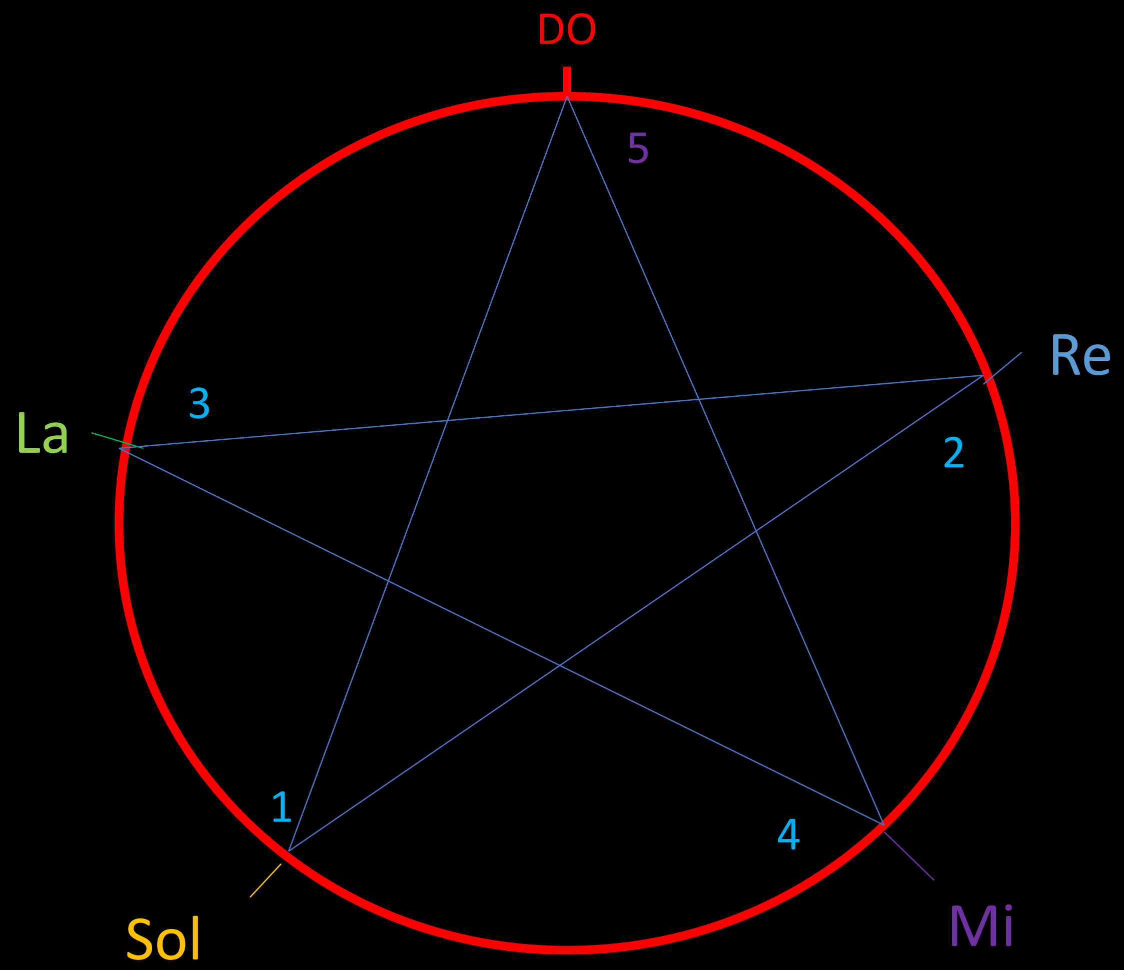
Recorramos por quintas Consecutivas:

De fa a do (1)
De do a sol (2)
De sol a re (3)
De re a la (4)
De la a mi (5)
De mi a si (6)
De si a fa (7)


C4
C5
C4


C#
Db
D#
Eb
F#
Gb
G#
Ab
A#
Bb
C#
Db
C
D
E
F
G
A
B
C

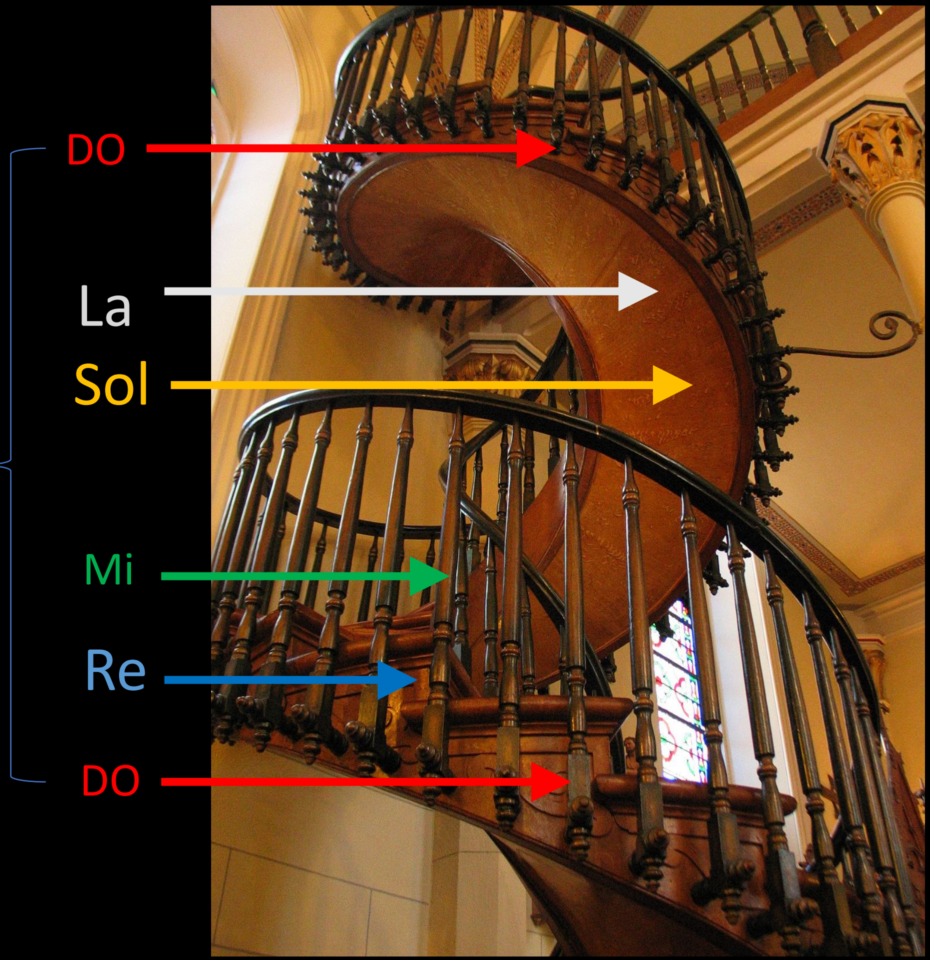
En la pentatonica tambien aparece esta estructura

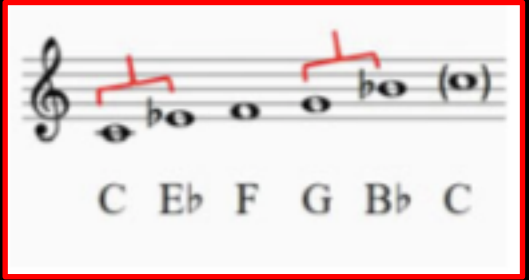


La escala pentatonica.
que se empleo en asia menor, por siglos
presenta esta estructura.
Z_5

Tener, ya tenemos una escala...

La Do Re Mi Sol (La)

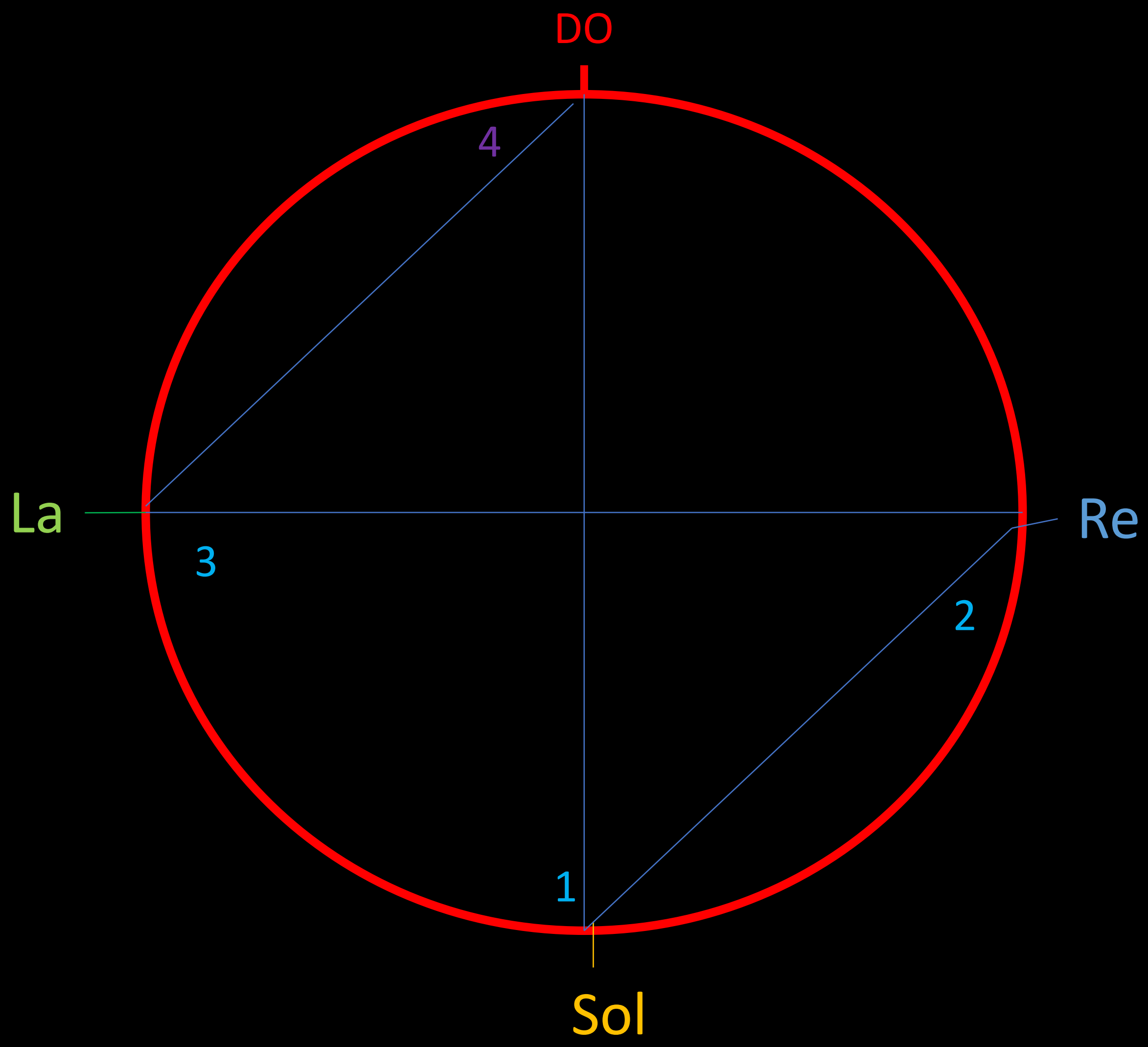




Krar Etiope, pluriarco africano occidental

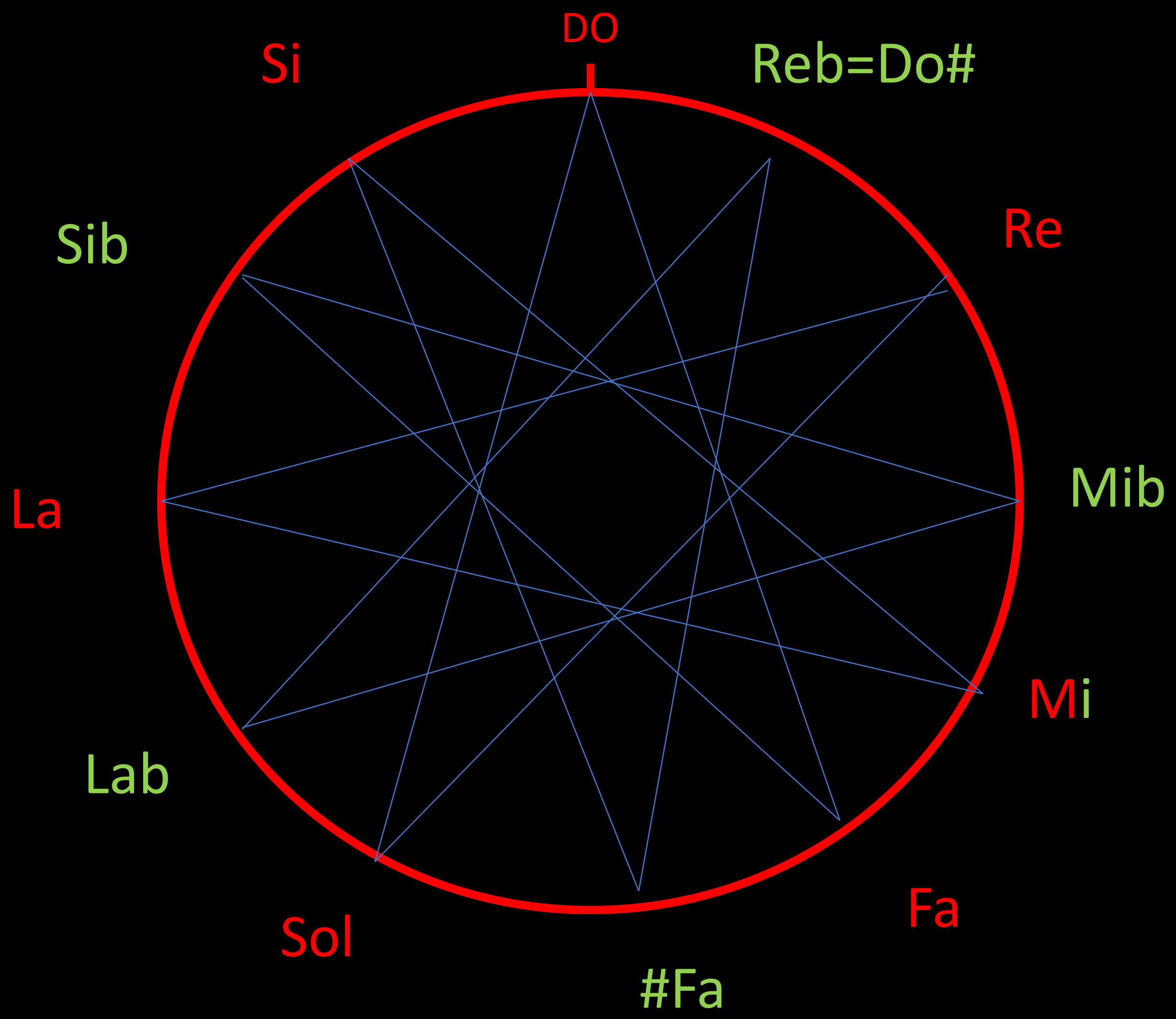
Kantele finlandes

Pero esta estructura simetrica no aparece en todas las escalas armadas con quintas...



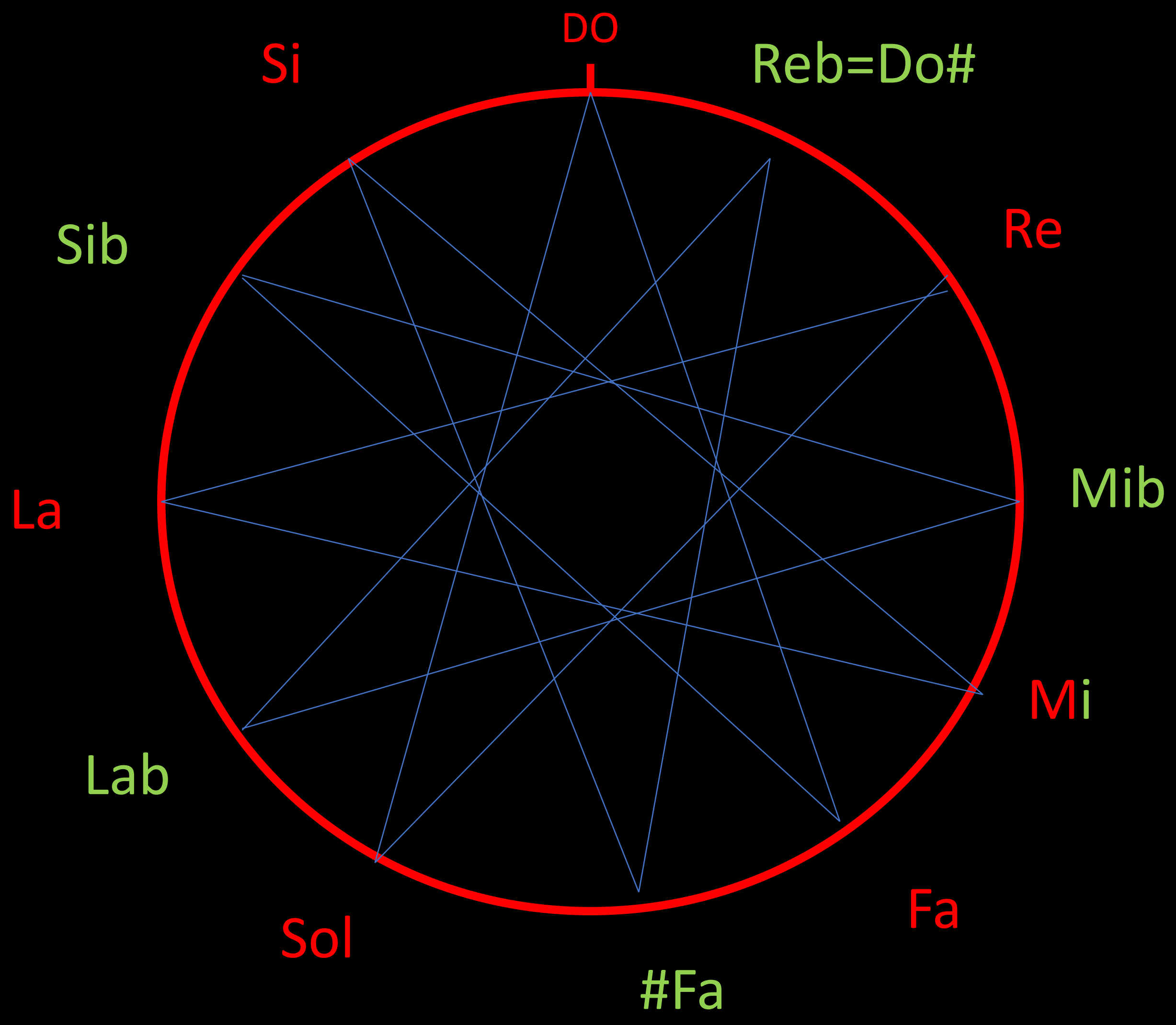
Aqui el diagrama aparece con simetria de reflexion, no con Z4

Vuelve a aparecer aquí, con 12 notas!



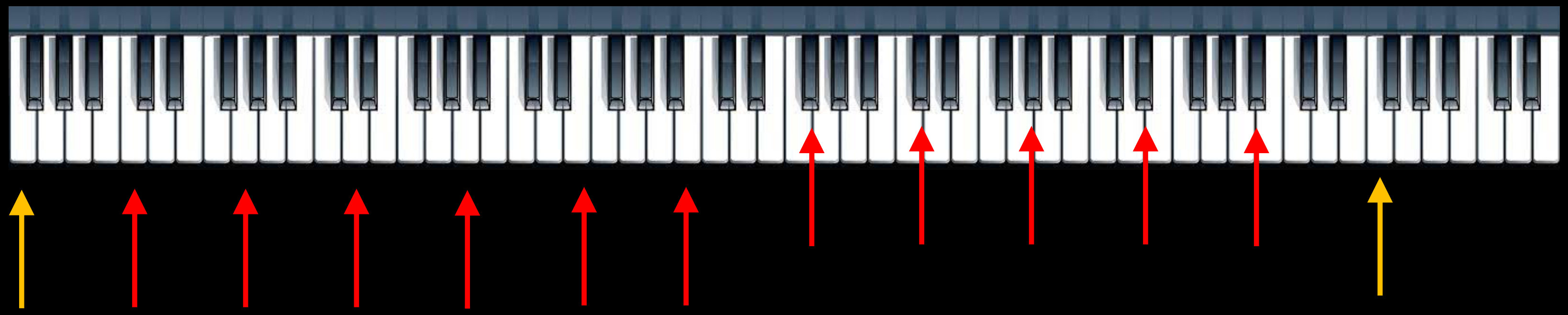
Donde en rojo
marco las 7 de la escala simétrica
previa, y en verde las “nuevas”

Vuelve a aparecer aquí, con 12 notas!



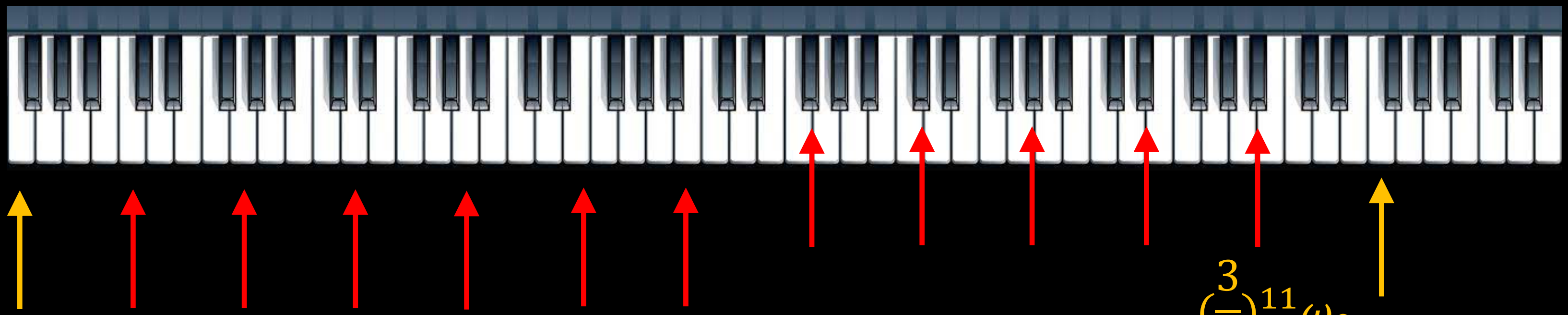
En esta escala, las diferencias en frecuencia entre notas consecutivas es casi igual (verificar… pero guarda en que escala)

¿Por que casi?



$2^7\omega_0$

¿Por que casi?



$$\left(\frac{3}{2}\right)^{11}\omega_0$$

$$\frac{3}{2}\omega_0 \quad \left(\frac{3}{2}\right)^{2}\omega_0$$

$$2^7\omega_0$$

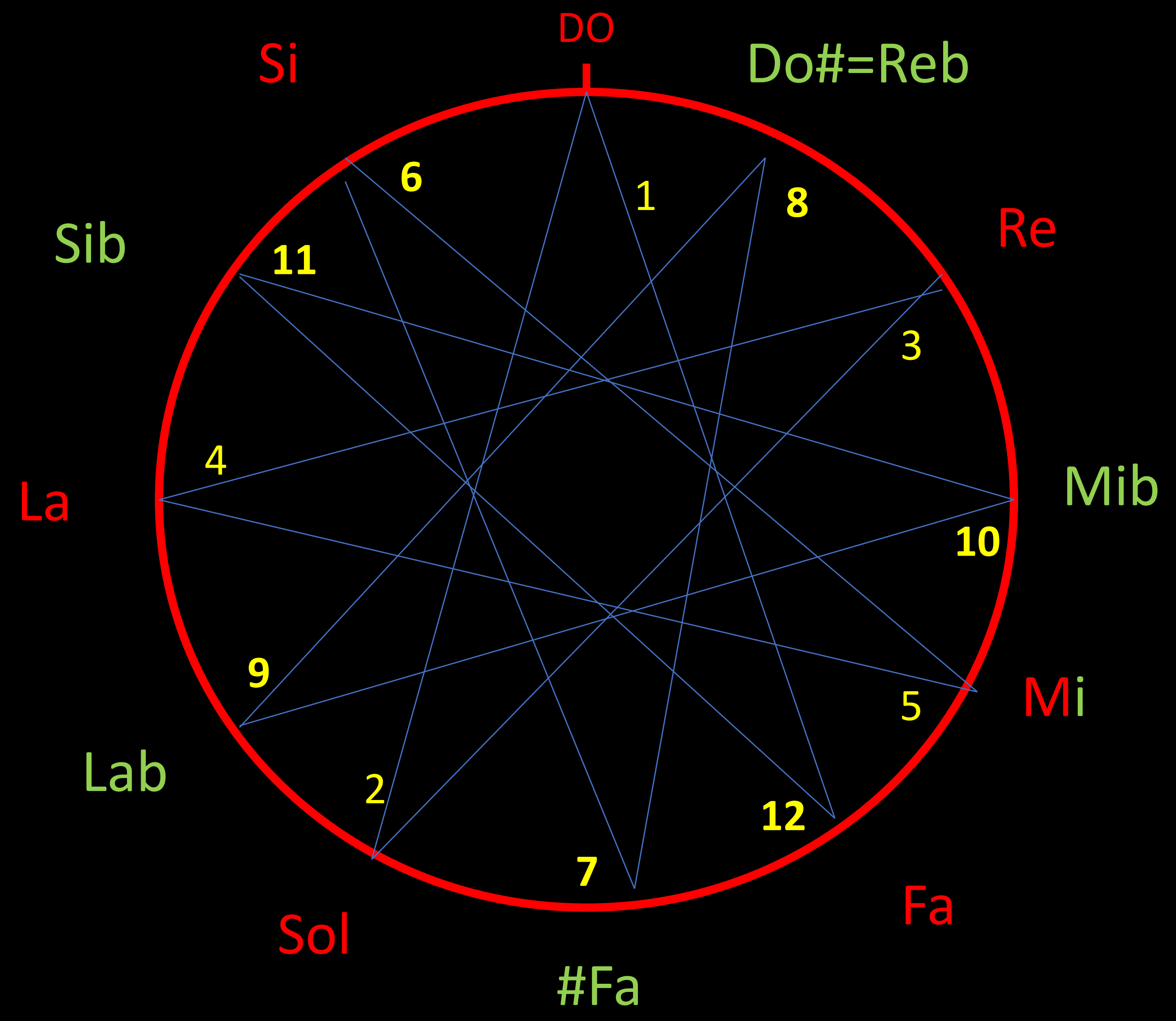
$$\left(\frac{3}{2}\right)^{12}\omega_0 \neq 2^7\omega_0$$

$$129.7 \neq 128$$

Vuelve a aparecer aquí, con 12 notas!

Y si corregimos ligeramente las frecuencias
Para que la diferencia entre notas,
sea exactamente igual?

Esto fue ideado por el español
Bartolomé Ramos de Pareja (1440 – 1491).
Se conoce como Sistema bien temperado



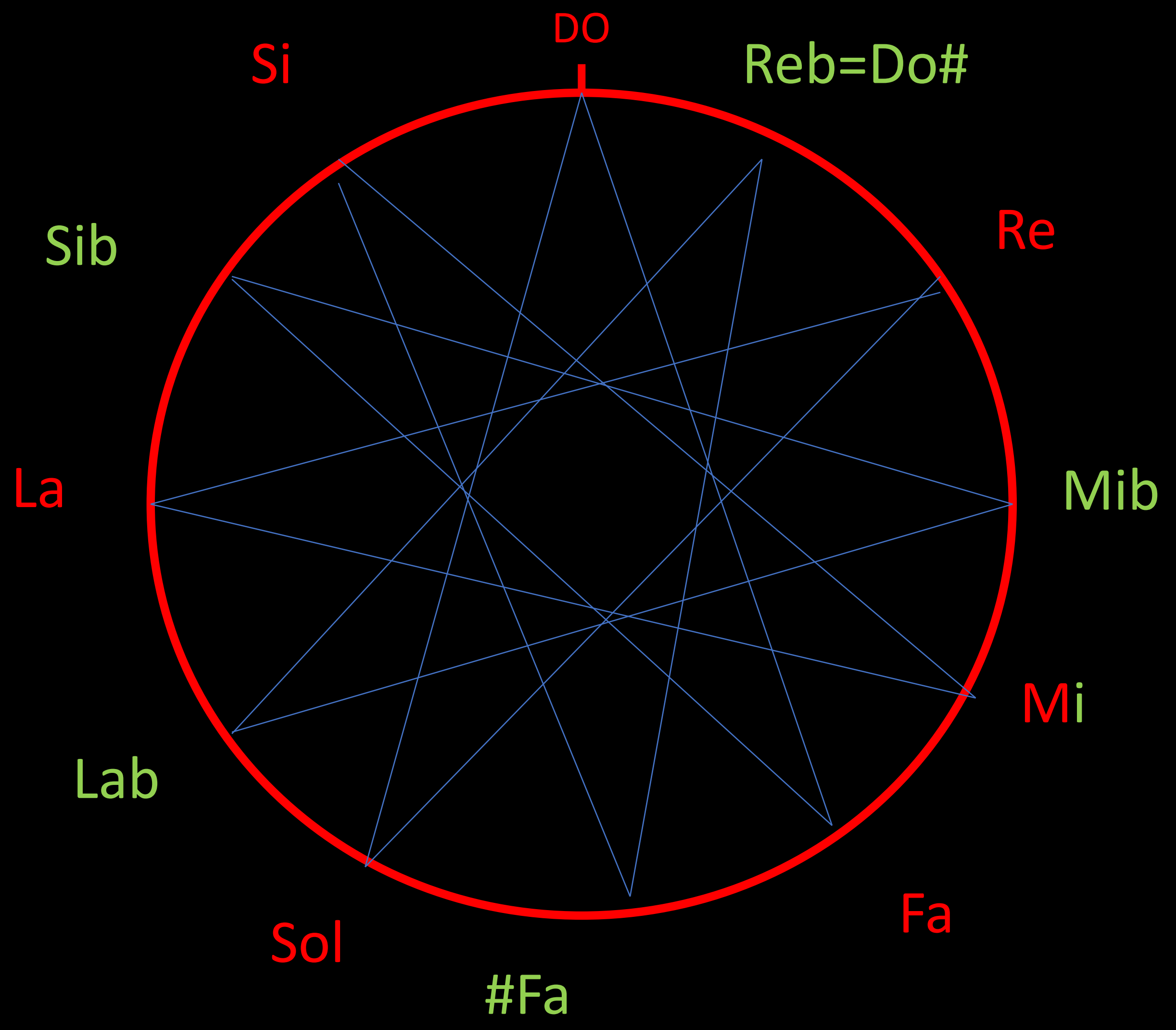
Vuelve a aparecer aquí, con 12 notas!

Fue ideado por el español
Bartolomé Ramos de Pareja (1440 – 1491).

Consiste en corregir las notas para que los
intervalos entre ellas sean uniformes
(en escala logarítmica):

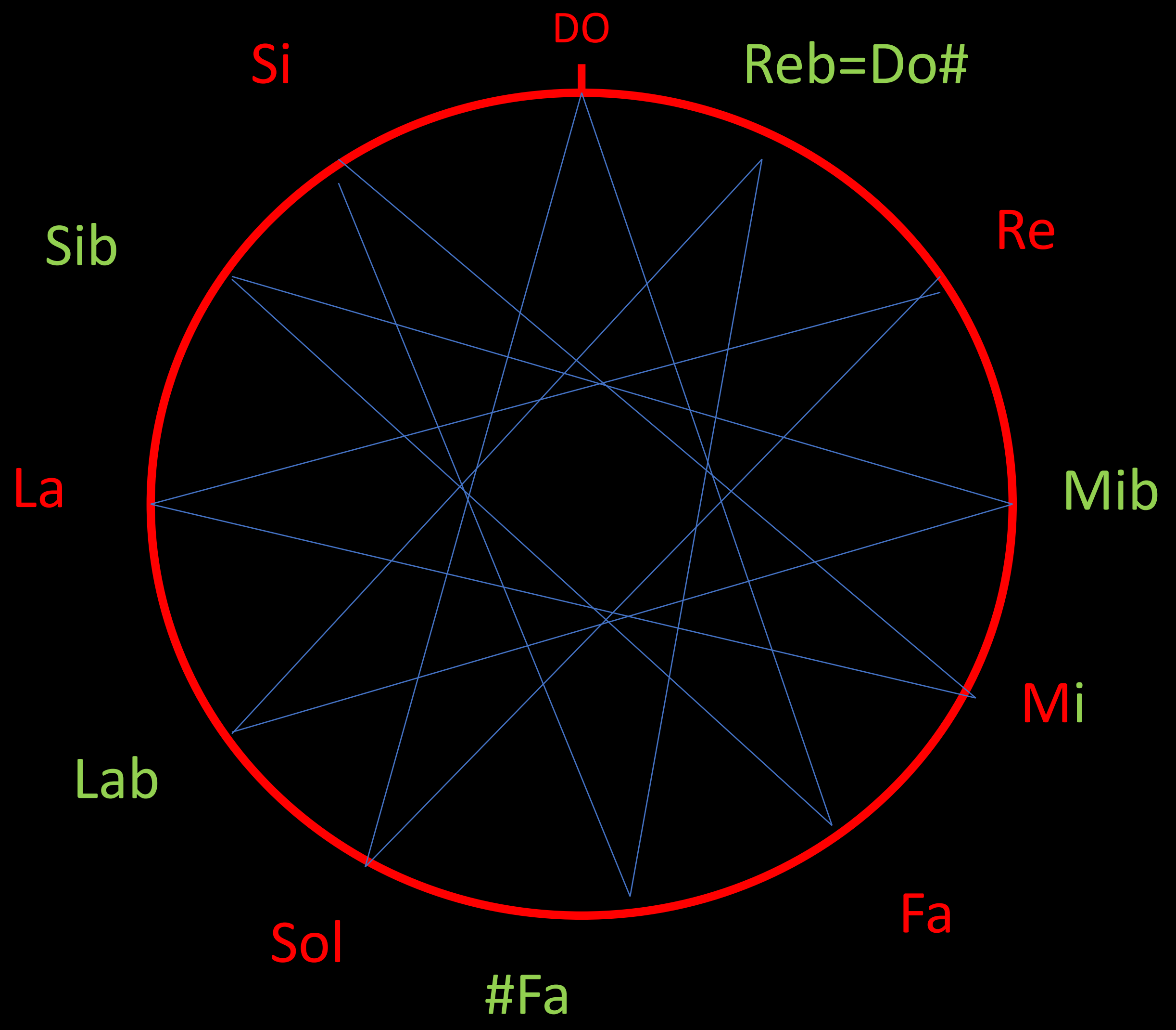
$$\omega_{n+1} = \alpha\omega_n$$

$$\omega_{12} = \alpha^{12}\omega_1 = 2\omega_1$$



Vuelve a aparecer aquí, con 12 notas!

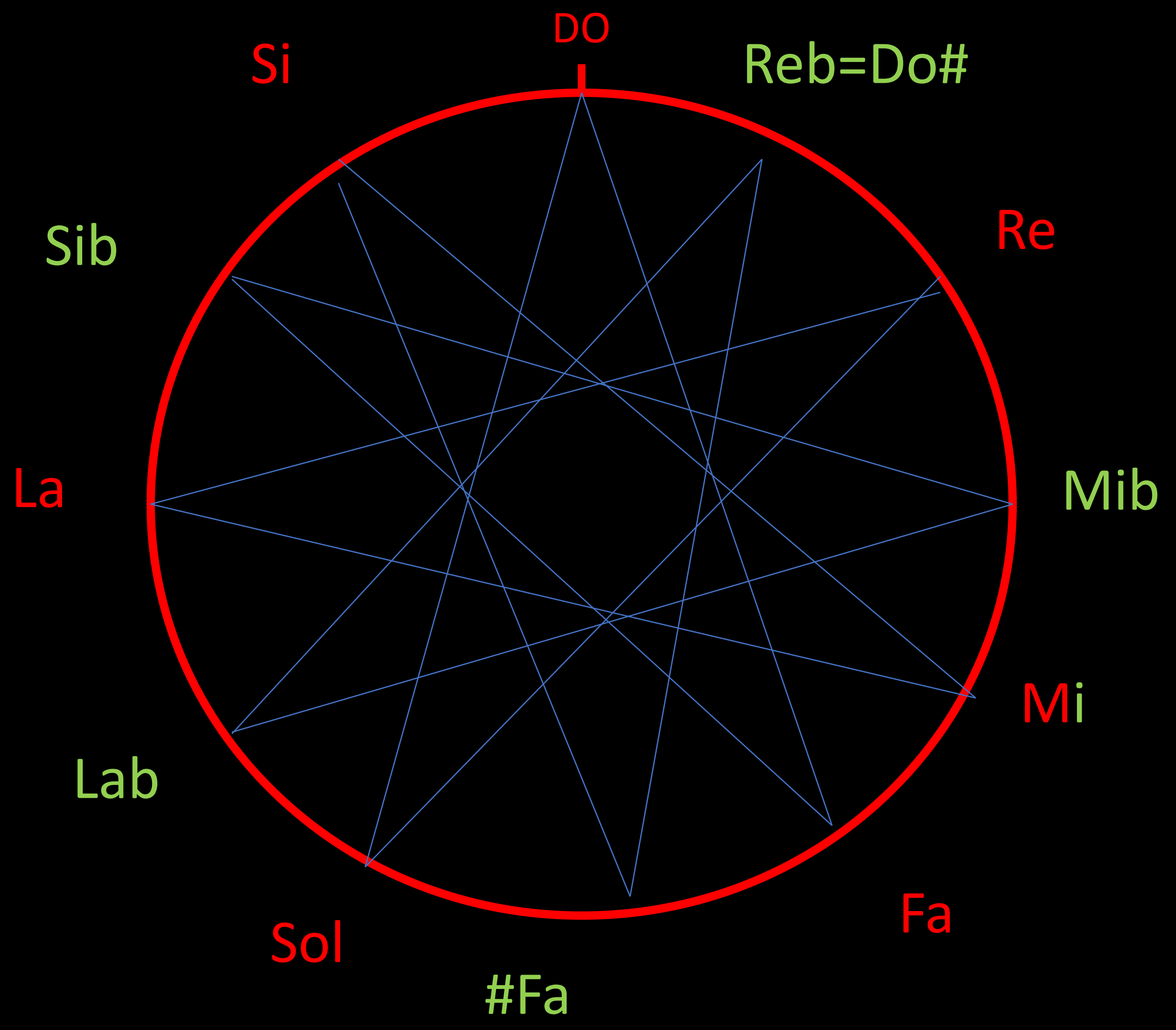
El compositor alemán Juan Sebastián Bach impulsó (por 1722) que un instrumento de teclado debía ser afinado mediante este sistema «de temperamento igual», y para demostrar que no era un rejunte de desafines, compuso una de las obras más lindas de todos los tiempos: "El clave bien temperado", que viene a ser: «el clavicémbalo bien afinado».



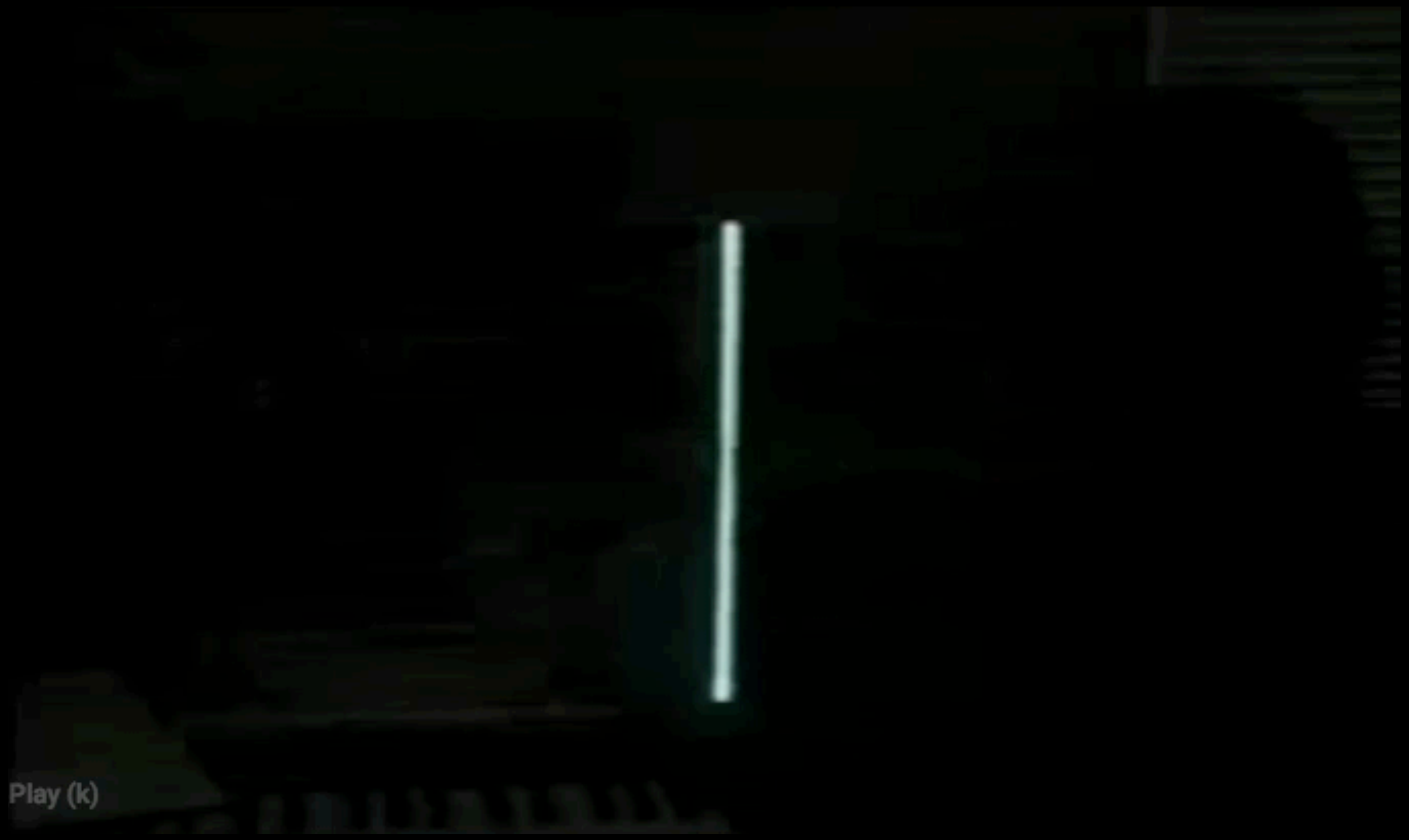
Vuelve a aparecer aquí, con 12 notas!

Notar que hasta entonces, tocar una obra en do mayor era diferente a una en re mayor, no solo porque las frecuencias están corridas, sino porque las distancias entre las notas en cada escala no es exactamente la misma.

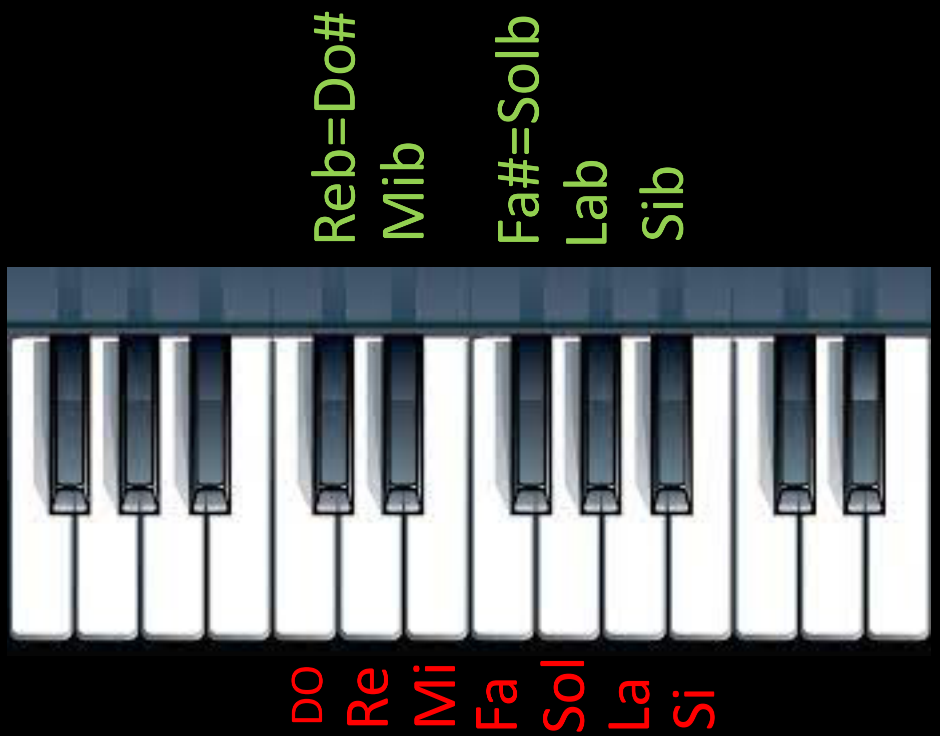
Para cada obra había que afinar de nuevo, o tocar con otros instrumentos directamente, según su tonalidad.

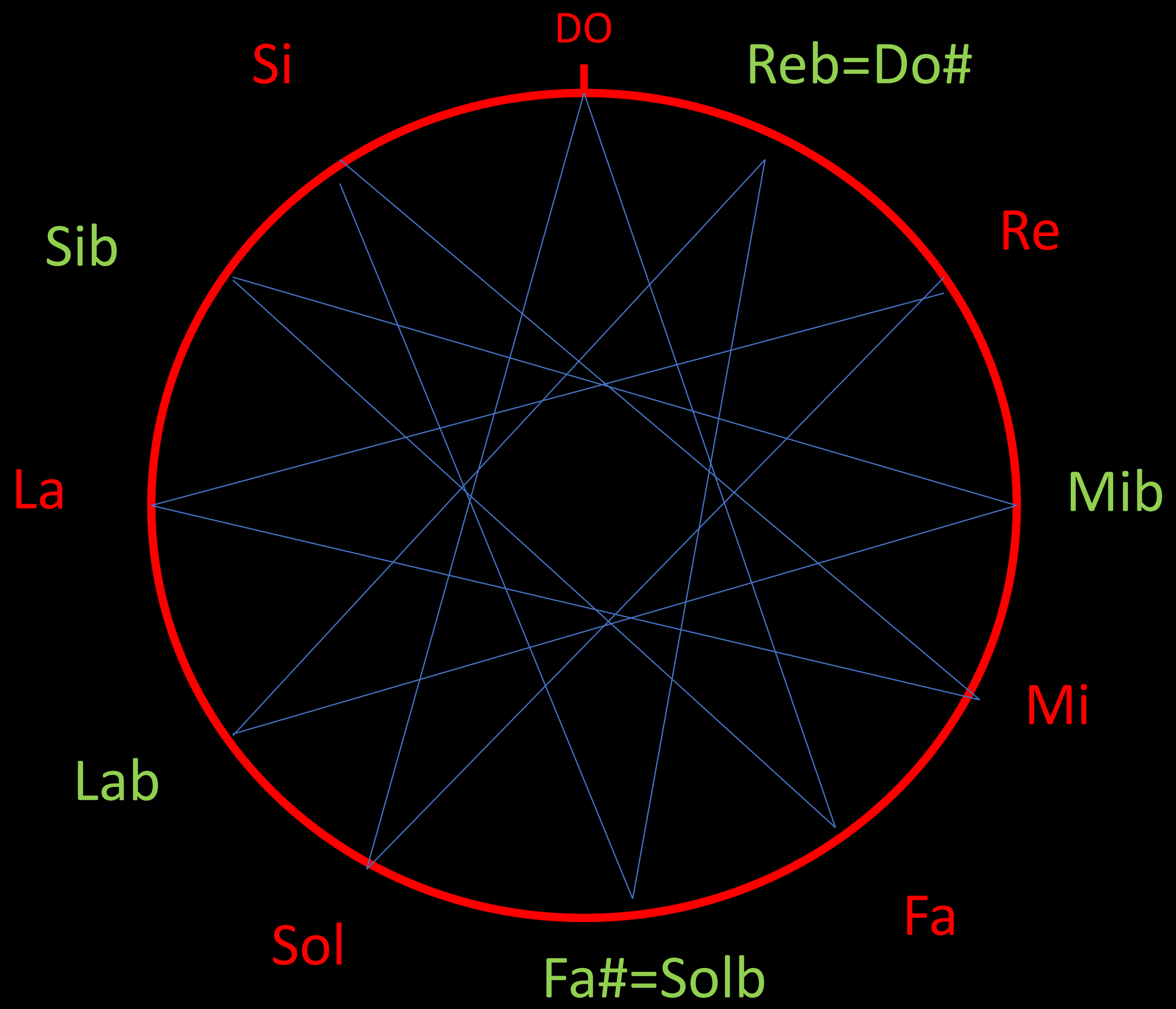


Sobre escalas bien temperadas y pitagoricas…



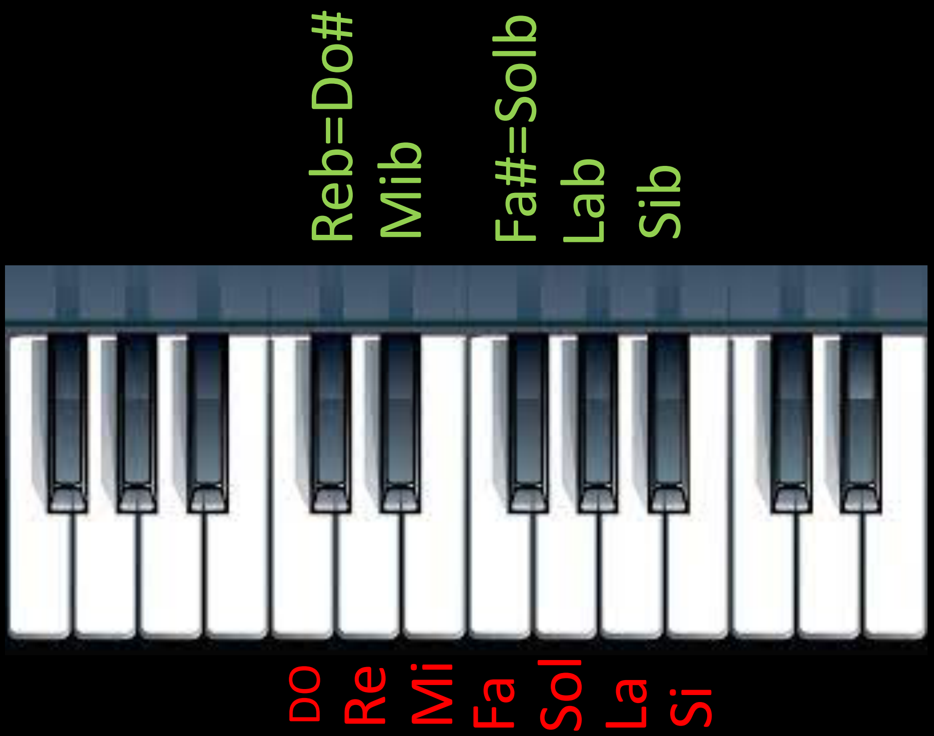
Pero aqui estan... las notas de la escala temperada





Calculos en el sistema bien temperado

$$\boxed{f(i) = f_0 2^{i/12}}$$



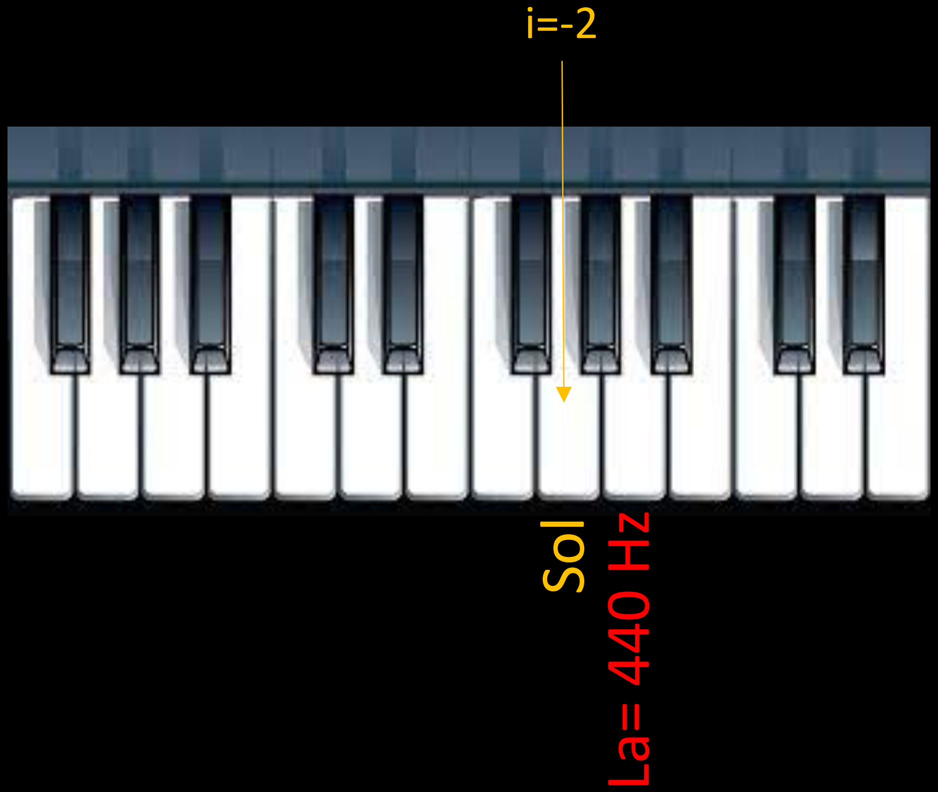
Calculos en el sistema bien temperado

$$f(i) = f_0 2^{i/12}$$

La= 440 Hz

Calculos en el sistema bien temperado

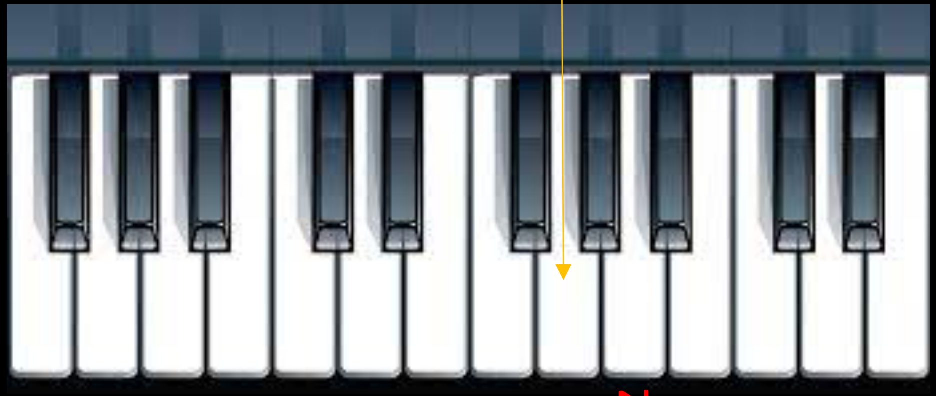
$$f(i) = f_0 2^{i/12}$$



Calculos en el sistema bien temperado

$$f(-2) = 440\ 2^{-\frac{2}{12}} \approx 391.995Hz$$

i=-2



Una escala bien formada, ¿por que gusta?

Pentatónica (5)
La escala heptatónica (7)
La bien temperada (12)

Una escala bien formada, ¿por que gusta?

Pentatónica (5)
La escala heptatónica (7)
La bien temperada (12)

Árabe de 17 notas
China de 53 notas.

Una escala bien formada, ¿por que gusta?

La respuesta es no sabemos

Sabemos que fueron muy usadas,
Y que hay una estabilidad en el hecho de que entre quintas,
existista el mismo numero de notas.

Bobby Mc Ferrin

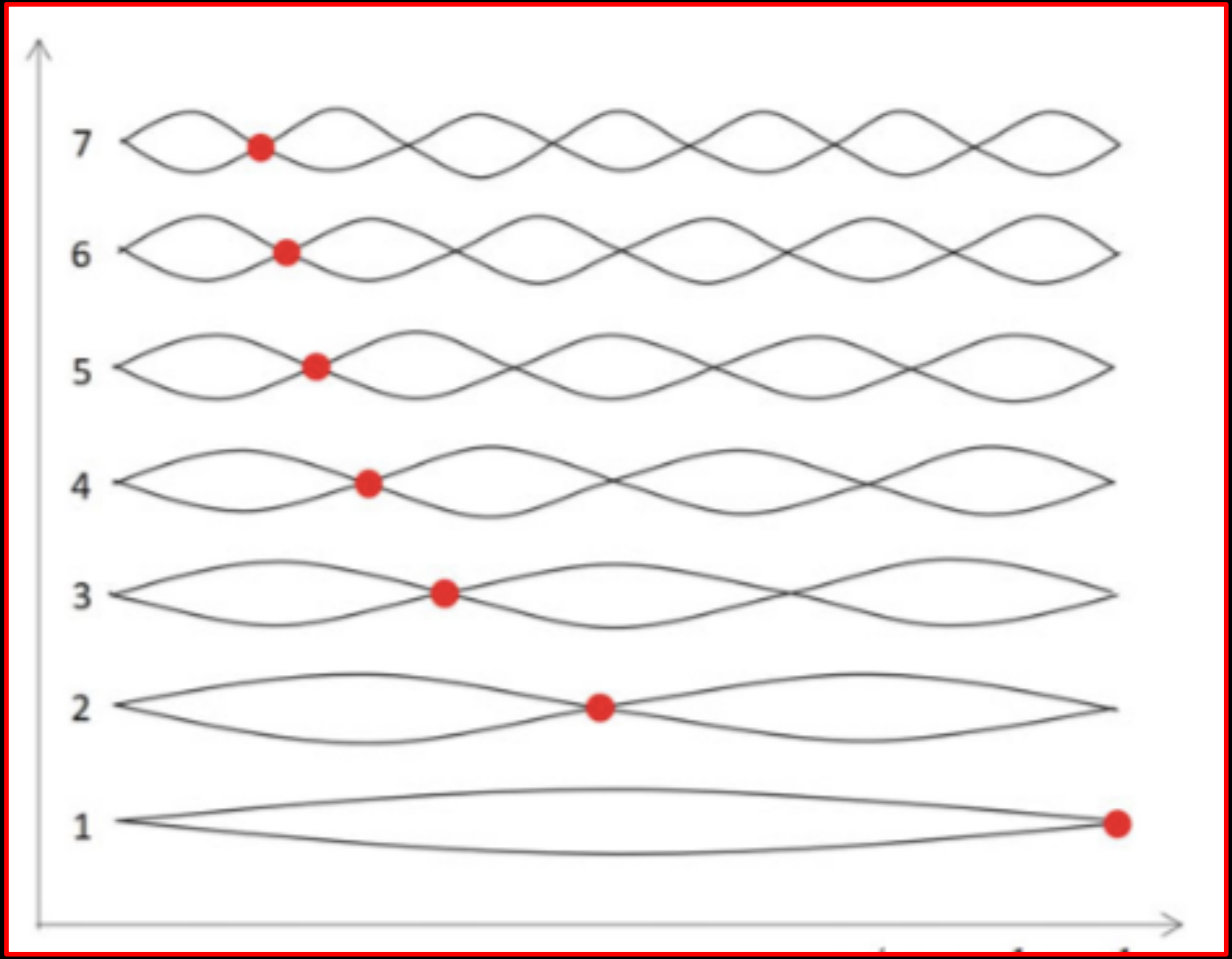
Regardless of where I am, the audience gets it. Every audience gets the pentatonic scale.

Existe una relación entre timbre y las alturas de notas que juntas suenan bien.

La discretización del espectro busca mantener la complejidad derivada de tocar varias notas simultaneas, acotada.

En el uso de las quintas como modo de complejizar
de a poco, esta el que la musica se toca con instrumentos reales,
con timbres complejos y ricos.

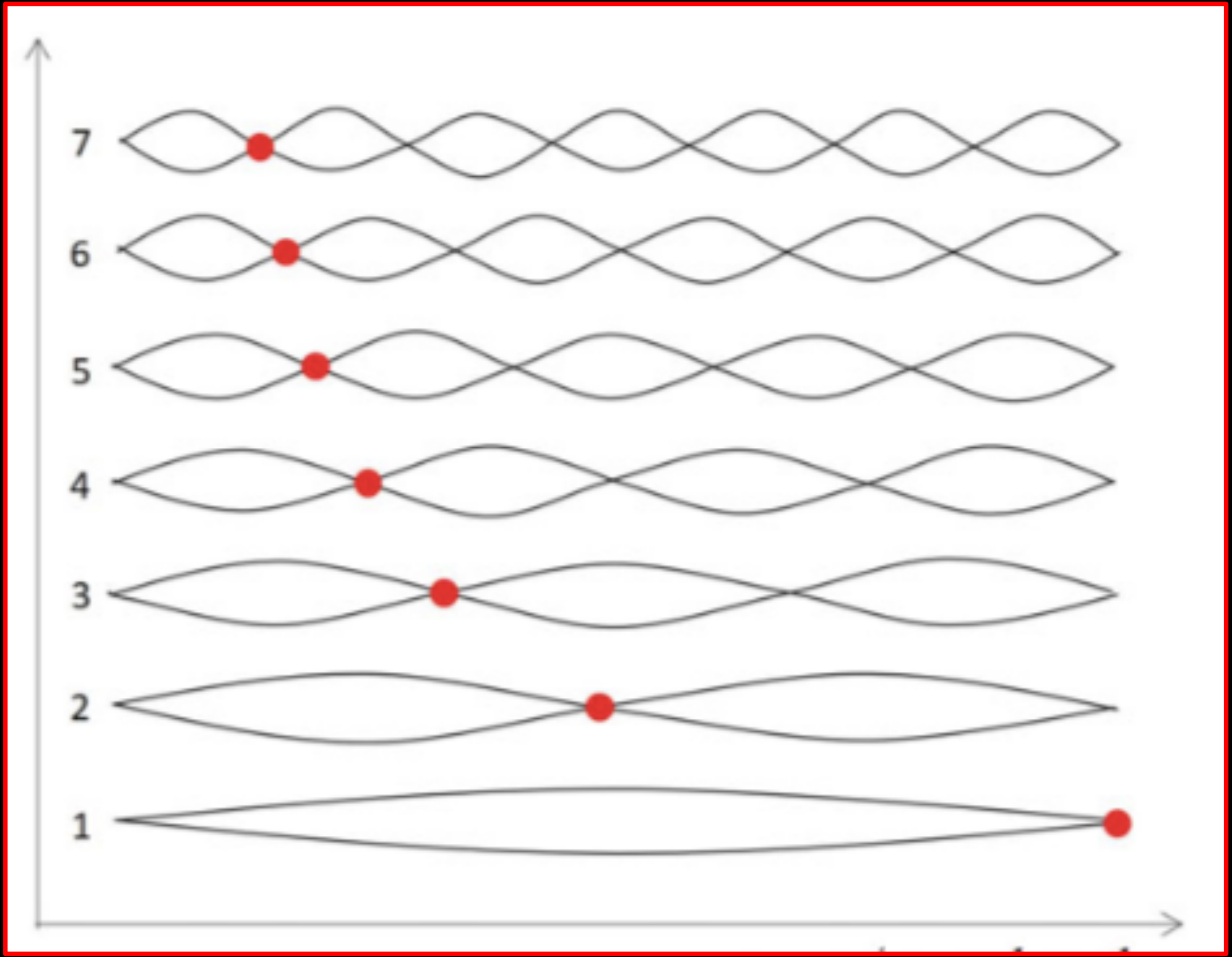
Advertencia: no hay sistema fisico que nos salve de las disonancias



Envolventes para los modos sucesivos

Variable espacial para una cuerda fija

Advertencia: no hay sistema fisico que nos salve de las disonancias



Envolventes para los modos sucesivos

7 Bb 4

6 G4

5 E4

4 C4

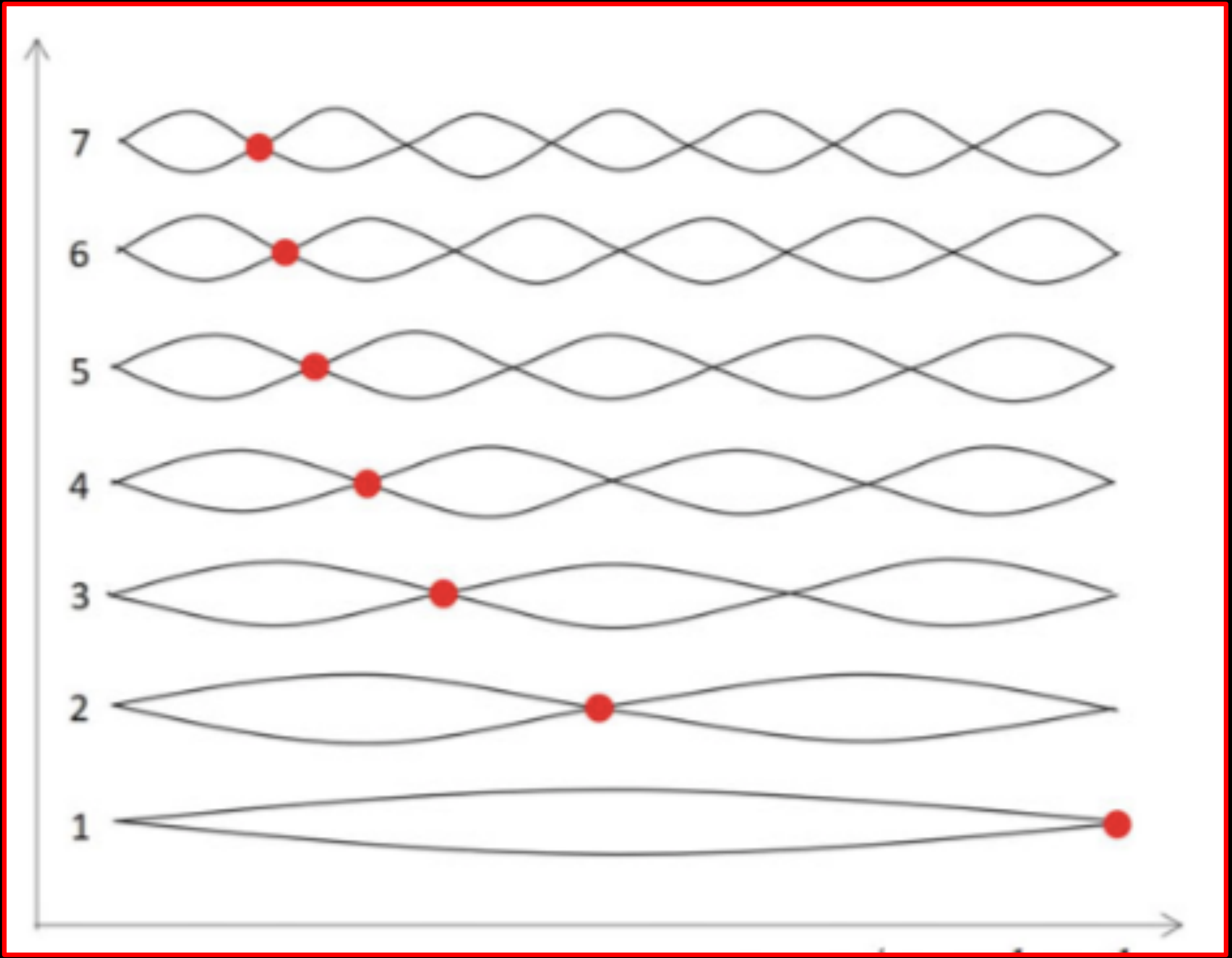
3 G3

2 C3

1 C2 65 Hz

Variable espacial para una cuerda fija

Envolventes para los modos sucesivos



Variable espacial para una cuerda fija

7 Bb 4

6 G4

5 E4

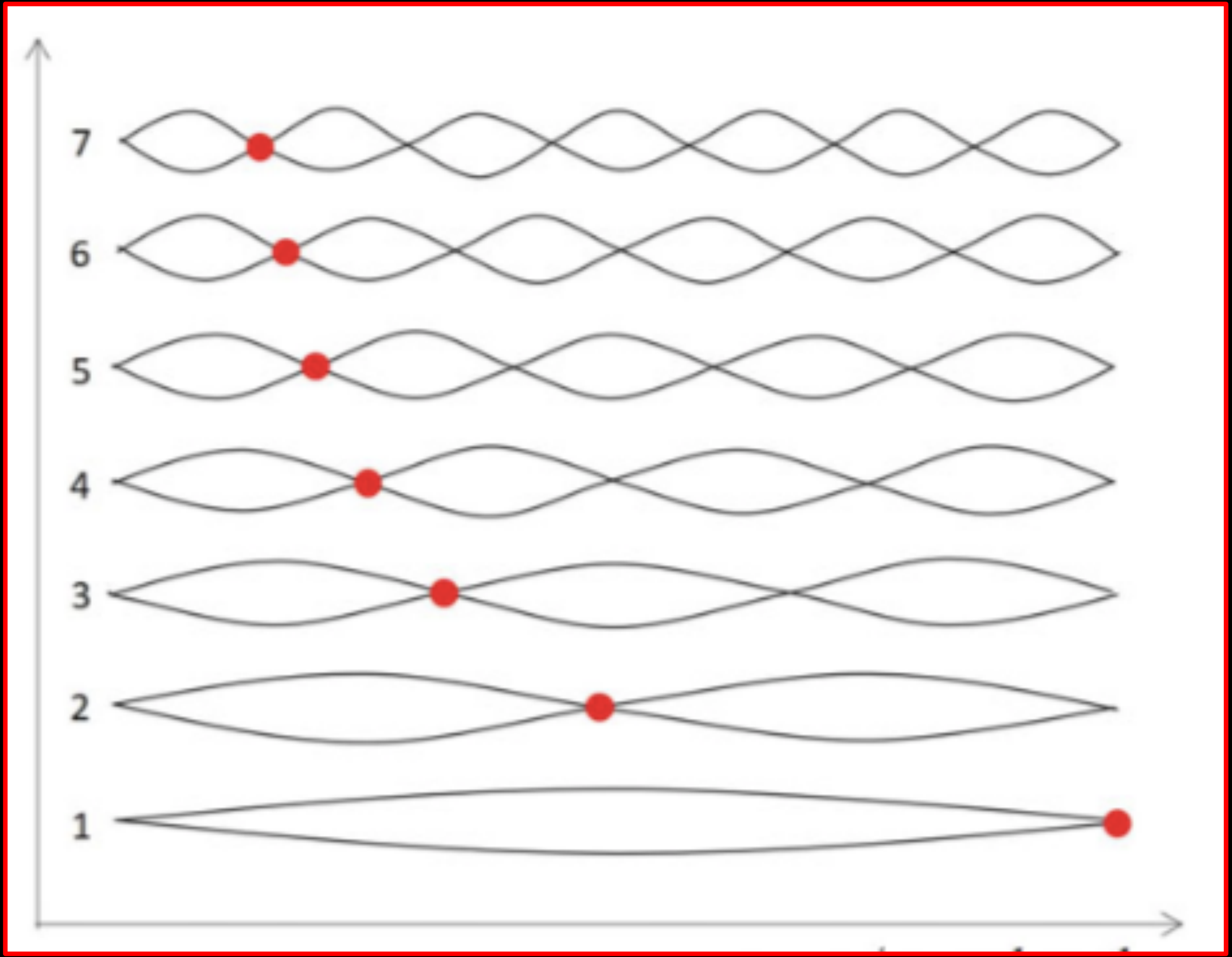
4 C4

3 G3

2 C3

1 C2 65 Hz

Recordemos que esto quiere decir ni mas no menos que al generar un apartamiento inicial de una cuerda, vamos a estar tocando en cierta proporcion, todas estas… (ya veremos en que proporcion, exactamente)



Envolventes para los modos sucesivos

Variable espacial para una cuerda fija

7 Bb 4

6 G4

5 E4

4 C4

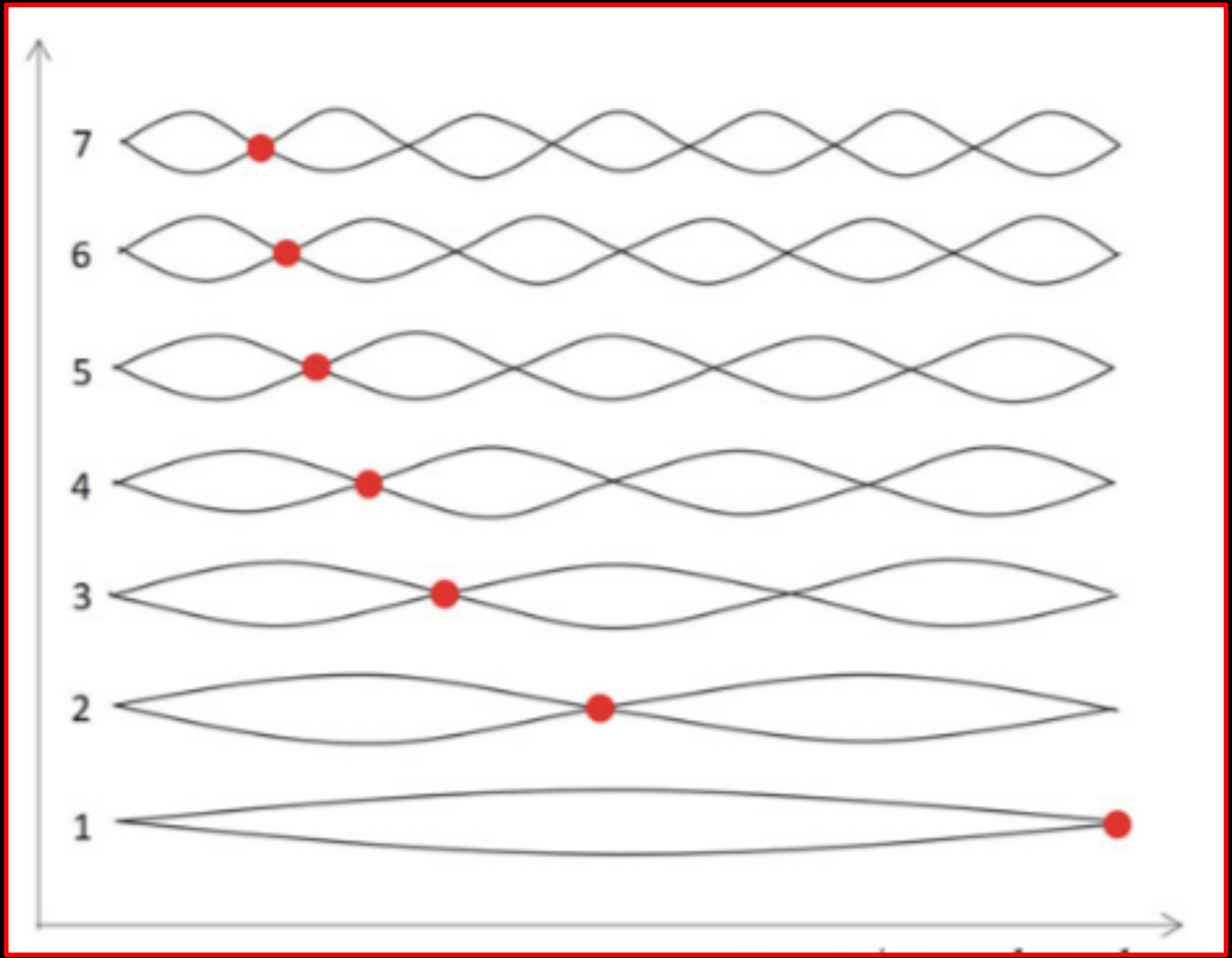
3 G3

2 C3

1 C2 65 Hz

El septimo armonico
(462 Hz) difiere en
16 centimos de los 466.2 Hz
de bien temperada

Envolventes para los modos sucesivos



Variable espacial para una cuerda fija

7 Bb 4

6 G4

5 E4

4 C4

3 G3

2 C3

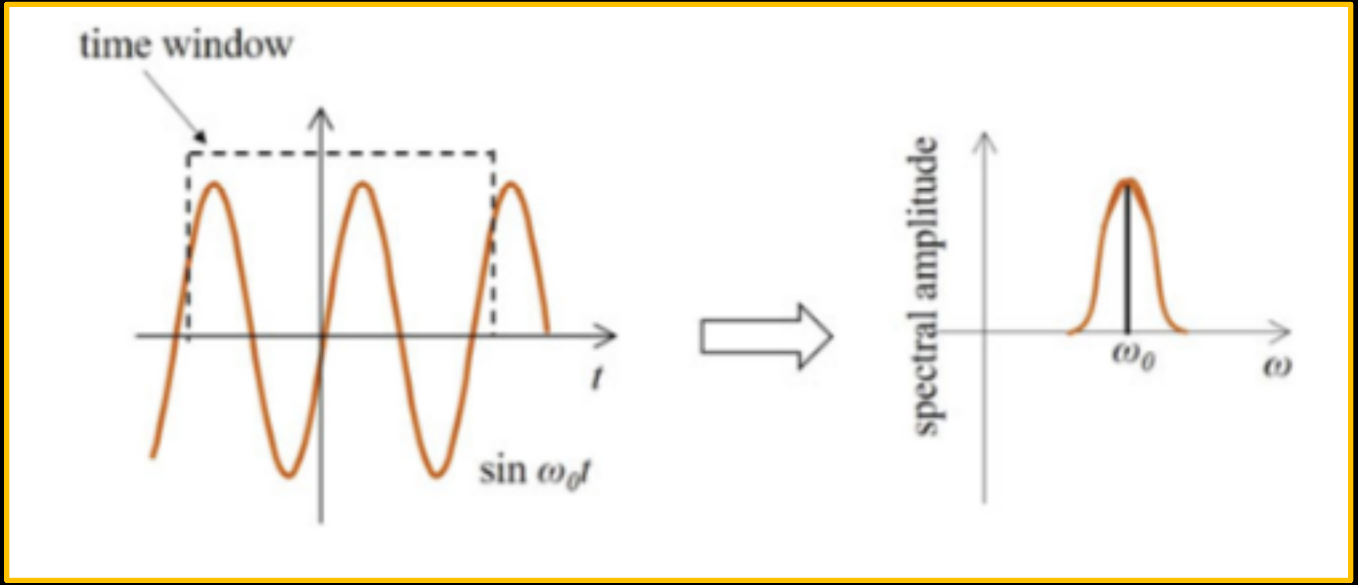
1 C2 65 Hz

El septimo armonico
(462 Hz) difiere en
16 centimos de los 466.2 Hz
de bien temperada

O sea. Toco un una nota
cuya fundamental sea C2,
y por tocar con un instrumento
fisico que activa muchos armonicos,
una componente, por ejemplo el
7mo armonico, Bb4, estara presente.

Ahora, si toco dos notas,
la segunda tiene de fundamental Bb4,
Y el instrumento esta afinado con
Igual temperamento, ese Bb4 sera
disonante con el 7mo armonico de C2

Y existen otros fenomenos (que comenzaremos a ver en la proxima clase) por los cuales la ejecucion con instrumentos de riqueza timbrica, llevan a la inevitabilidad de disonancias



Hasta ahora enfatizamos como la riqueza espectral
de una nota, tocada por un instrumento fisico real, bajo la
hipotesis de que la parcelacion espectral esta motivada por el
tocar de a varios, da lugar a las notas de la melodia.

Tambien la condiciona a la armonia

C_0 $(32\ Hz)$

C_2

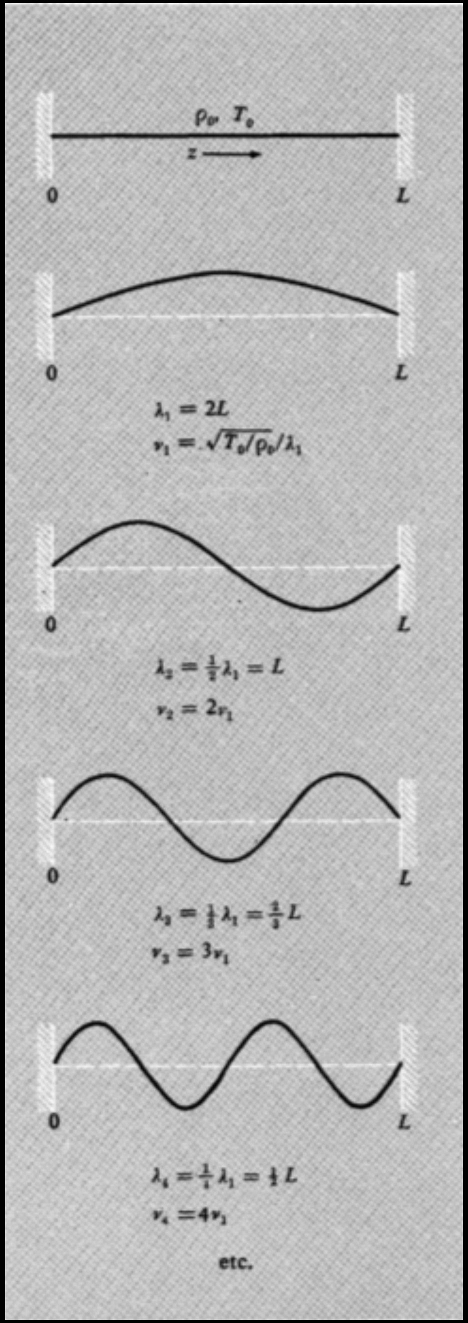
G_2

C_2

E_3

G_3

B_{b3}



ν_1

$2\nu_1$

$3\nu_1$

$4\nu_1$

C_0

C_2

G_2

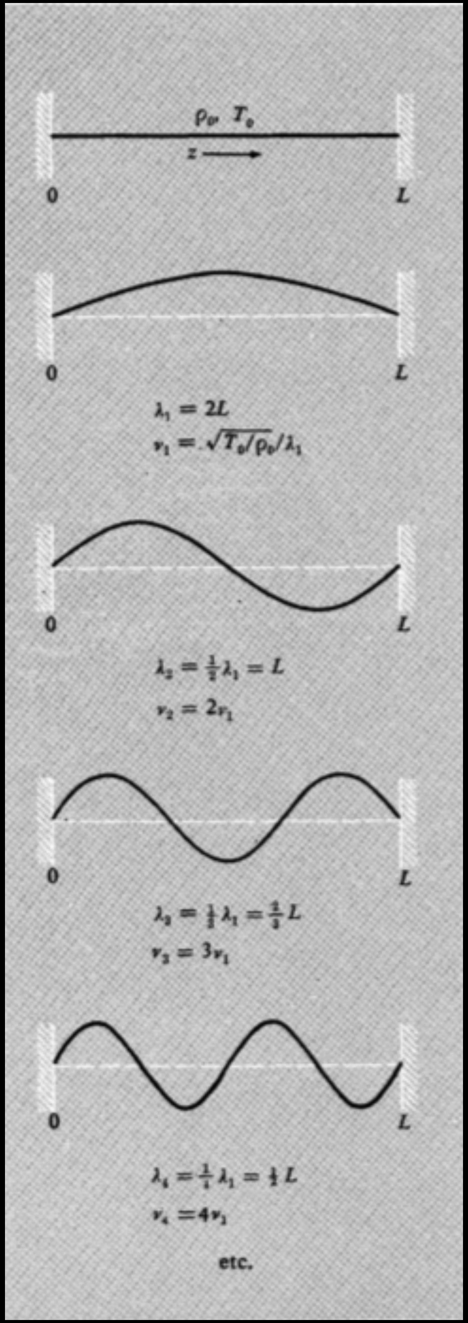
C_2

E_3

G_3

Acorde de C

B_{b3}



ν_1

$2\nu_1$

$3\nu_1$

$4\nu_1$

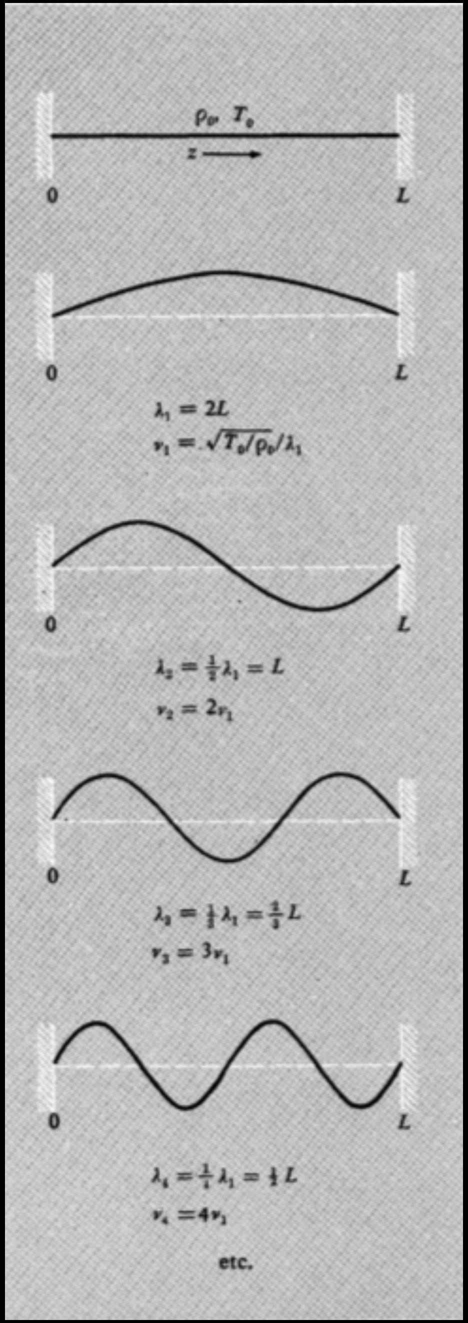
G_1

G_2

D_3

$$\left.\begin{array}{l}G_3\\B_3\\D_4\end{array}\right\}\text{Acorde de G}$$

F_4



ν_1

$2\nu_1$

$3\nu_1$

$4\nu_1$

F_1

F_2

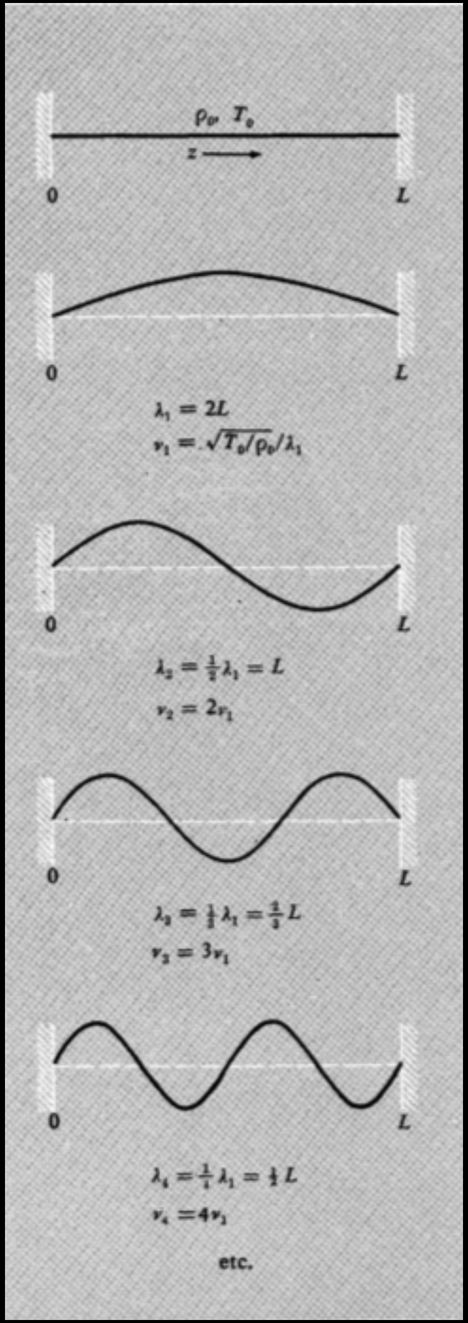
C_3

F_3

A_3 Acorde de F

C_4

E_{b4}



ν_1

$2\nu_1$

$3\nu_1$

$4\nu_1$

Toco una nota C con una cuerda fisica real,
y ya habilito a un conjunto de notas que sabemos
se van a llevar bien con ella; van a sonar bien juntas
En el mismo sentido de familiaridad Pitagorica

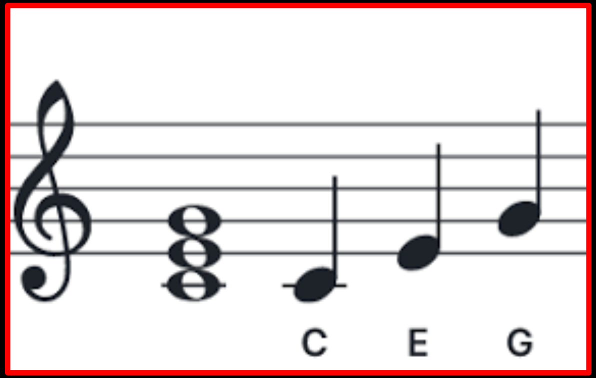
C_0

C_2

G_2

$\left.\begin{matrix} C_2 \\ E_3 \\ G_3 \end{matrix}\right\}$ Acorde de C

B_{b3}



Tal es asi, que

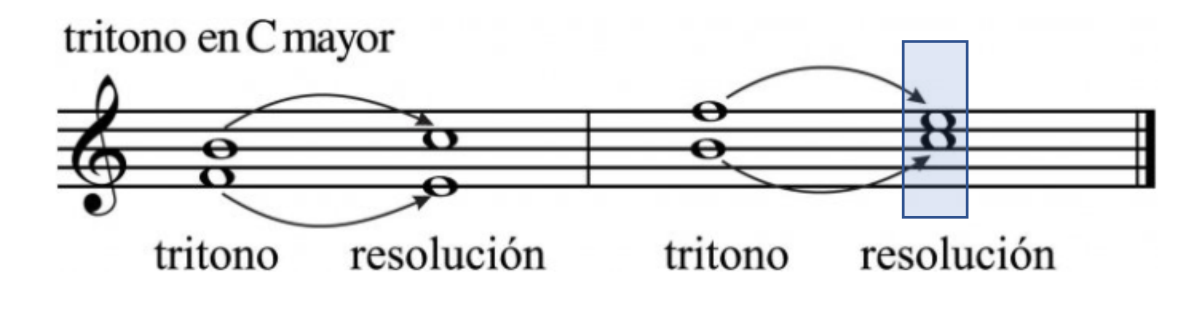
C_i

C_{i+2}

G_{i+2}

$$\left.\begin{matrix} C_{i+2} \\ E_{i+3} \\ G_{i+3} \end{matrix}\right\} \text{Acorde de C}$$

B_{bi+3}



Hasta la sensacion de atraccion tonal
esta implicita en el timbre de una nota

A modo de epilogo

Las escalas “simetricas” no son ni por lejos las unicas

Indian ragas
Blues norteamericano
Escala gitana…

Y por supuesto sigue

Pero tomamos nota de la recurrencia en la aparicion de ciertos patrones atraves de las culturas

Y por que no probamos…? Una escala de tonos completos? (esto da 6 notas)

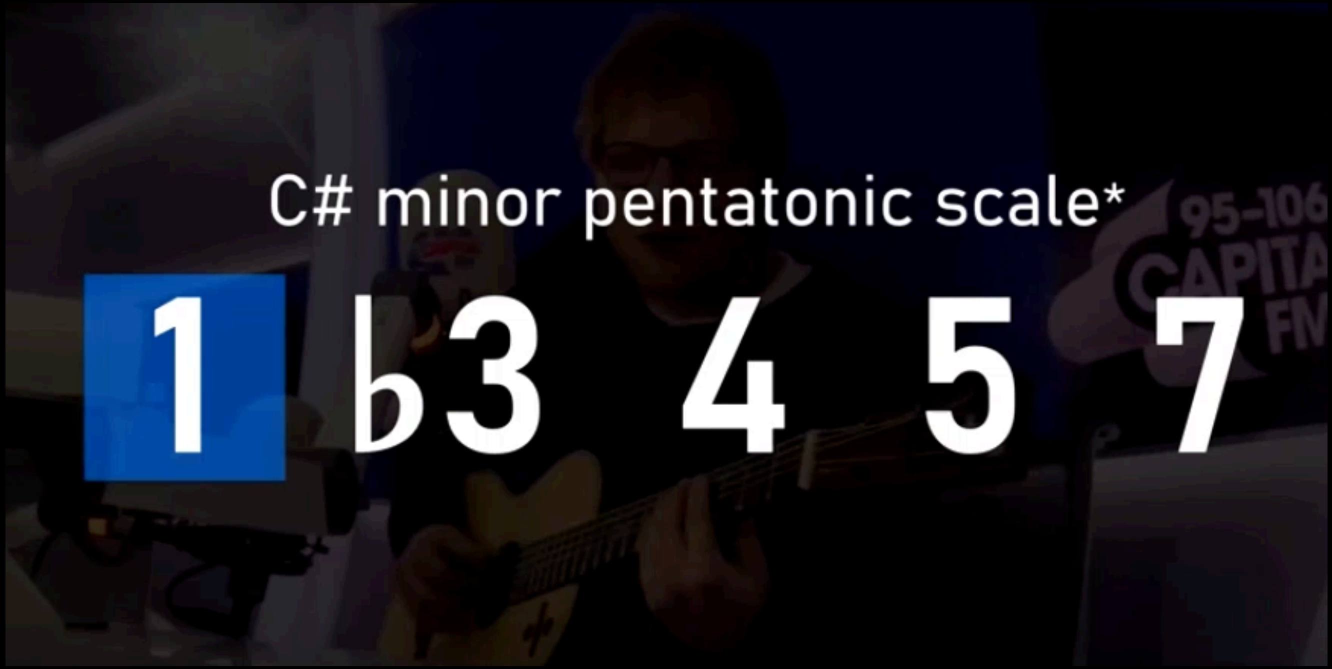
Rimsky Korsakov (1844-1908)
Modest Mussorgsky (1839-1881)

Silbando pentatonicas (si, estan entre nosotros, hoy!)

Dicho sea de paso, si partimos de la escala mayor, y sacamos el cuerto grado y el septimo, que usamos recien para generar tension, tenemos la escala pentatonica

Silbando pentatonicas (si, estan entre nosotros, hoy!)

Dicho sea de paso, si partimos de la escala mayor, y sacamos el cuerto grado y el septimo, que usamos recien para generar tension, tenemos la escala pentatonica



Vamos a comenzar entonces con el origen de la riqueza espectral sonora

PYTHAGOREAN TUNING