

**01/12/14 - Flujo sanguíneo en los vasos y cámaras cardíacas: soplos cardíacos.**

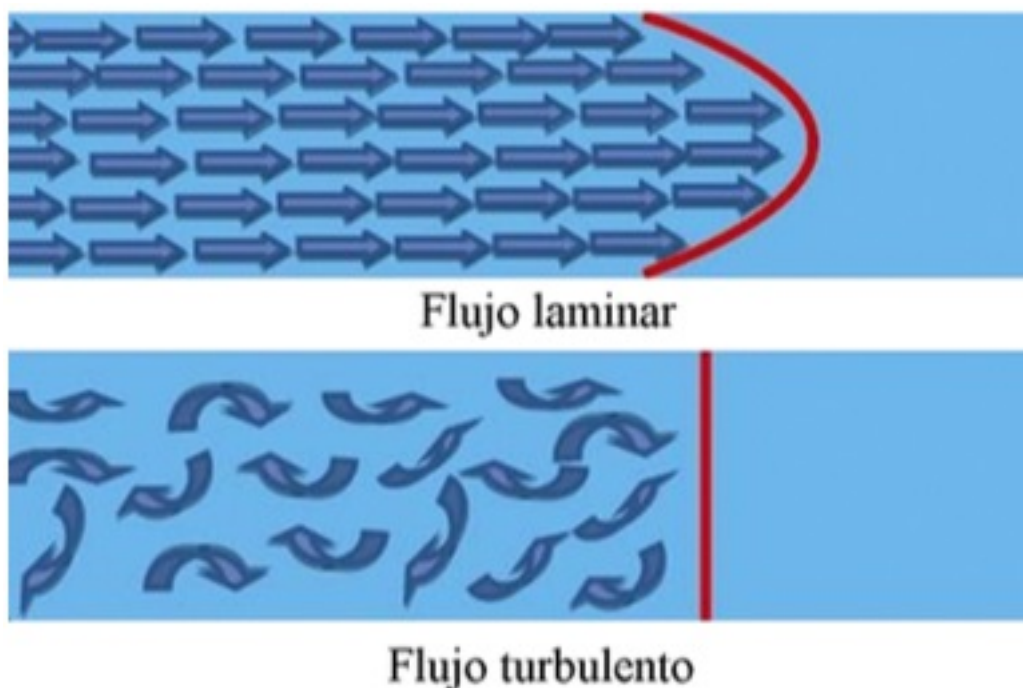
Por el Dr. Enrique Ynaraja

*Fuente: Vetpraxis*

**Flujo Laminar**

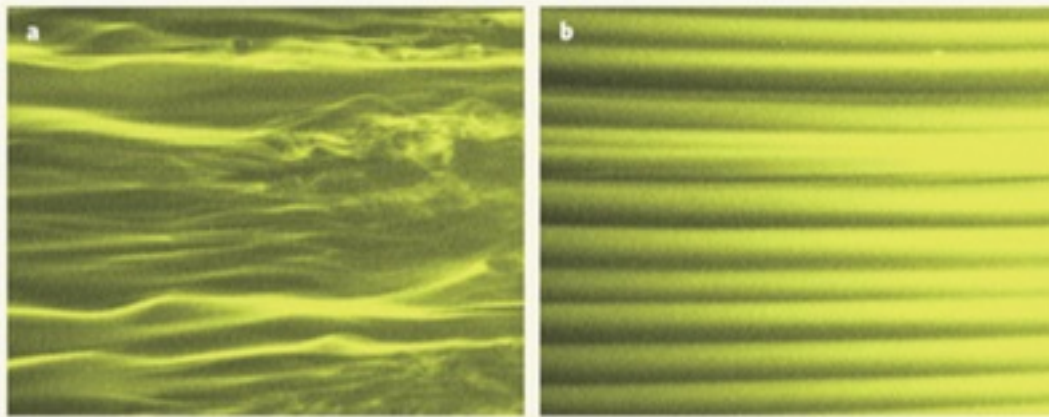
En condiciones normales, el flujo de la sangre a través de los vasos sanguíneos y de las cámaras cardíacas, es un flujo LAMINAR. Teóricamente, cada partícula de la sangre sigue una trayectoria rectilínea sin chocar con las partículas adyacentes que la acompañan y sin chocar con las paredes vasculares ni encontrar obstáculo alguno que modifique esta trayectoria. Bajo ciertas circunstancias, el flujo laminar puede convertirse en un flujo turbulento:

El flujo turbulento produce unas vibraciones que pueden detectarse con un estetoscopio y se aprecian como cambios en la intensidad del sonido y la aparición de "roces y **soplos**".



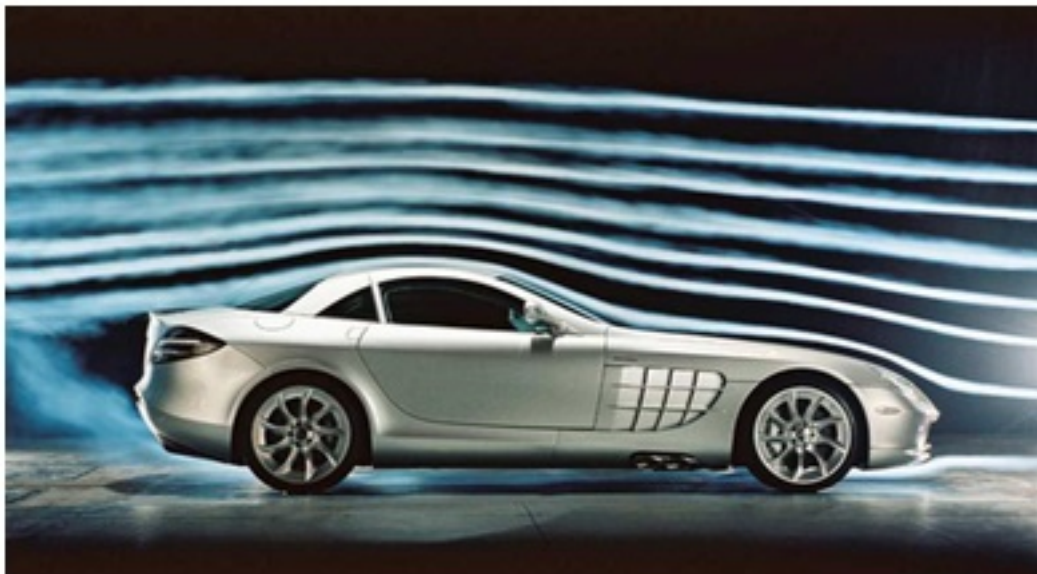
*Es semejante al efecto de "soplar": al hacer pasar un flujo de aire a una velocidad elevada a través de un orificio pequeño, se produce un flujo turbulento que se detecta en forma de sonido; mientras que la respiración normal no produce ruido, cuando "soplamos" se escucha una vibración. Si, además, aumentamos mucho la velocidad de flujo del aire y lo hacemos circular a través de un orificio pequeño*

(cambio brusco del diámetro) entonces la vibración será máxima y la detectaremos en forma de "silbido".



a.-/ Flujo turbulento    b.-/ Flujo laminar

Es posible que la sangre mantenga un flujo laminar pese a las curvas y giros que deben producirse en las cámaras cardíacas y grandes vasos; las diferentes constantes (velocidad, viscosidad, diámetro de los conductos, presencia de curvas y obstáculos, etc. debe mantenerse entre determinados valores).



En la imagen se aprecia que el flujo laminar solamente pasa a turbulento en la parte posterior- baja del coche pese a que el fluido (aire) no sigue trayectorias absolutamente rectas sino que acompaña a las curvas del vehículo.

El número de Reynolds ( $Re$ ) es un número adimensional utilizado en mecánica de fluidos, diseño de reactores y fenómenos de transporte para caracterizar el movimiento de un fluido. El concepto fue introducido por George Gabriel Stokes en 1851, pero el número de Reynolds fue nombrado por Osborne Reynolds (1842-1912), quien popularizó su uso en 1883.

$$Re = \frac{\rho v_s D}{\mu} \quad \text{o, equivalentemente:} \quad Re = \frac{v_s D}{\nu}$$

En la fórmula:

$\rho$ : densidad del fluido

$v_s$ : velocidad característica del fluido

$D$ : diámetro de la tubería a través de la cual circula el fluido o longitud característica del sistema

$\mu$ : viscosidad dinámica del fluido

$\nu$ : viscosidad cinemática del fluido

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}$$

El número de Reynolds relaciona la densidad, viscosidad, velocidad y dimensión típica de un flujo en una expresión adimensional, que interviene en numerosos problemas de dinámica de fluidos. Dicho número o combinación adimensional aparece en muchos casos relacionado con el hecho de que el flujo pueda considerarse laminar (número de Reynolds pequeño) o turbulento (número de Reynolds grande).

Según algunos autores, se puede calcular el número de Reynolds en un flujo de un fluido y en función de dicho valor, predecir si el flujo será turbulento o laminar.

? Para valores de  $Re < 2100$  (para flujo interno en tuberías circulares) el flujo se mantiene estacionario y se comporta como si estuviera formado por láminas delgadas, que interactúan sólo en función de los esfuerzos tangenciales existentes. Por eso a este flujo se le llama flujo laminar. El colorante introducido en el flujo se mueve siguiendo una delgada línea paralela a las paredes del tubo. ? Para valores de  $2100 < Re < 3000$  (para flujo interno en conductos circulares) la línea del

*colorante pierde estabilidad formando pequeñas ondulaciones variables en el tiempo, manteniéndose sin embargo delgada. Este régimen se denomina de transición. Para valores de  $Re > 3000$ , (para flujo interno en tuberías circulares) después de un pequeño tramo inicial con oscilaciones variables, el colorante tiende a difundirse en todo el flujo. Este régimen es llamado turbulento, es decir caracterizado por un movimiento desordenado, no estacionario y tridimensional.*

Estos cambios entre el flujo sanguíneo laminar fisiológico- y el turbulento no siempre se producen por enfermedades cardíacas, hay varios factores que pueden producir esta variación del flujo sanguíneo:

1. Cambios en la **velocidad** de circulación de la sangre: un aumento de la velocidad produce que se produzca un flujo turbulento.

1.a. Puede cambiar la velocidad sin modificarse la composición de la sangre; p.e. hipermotilidad ventricular en hipertiroidismo, cardiomiopatía hipertrófica, etc.

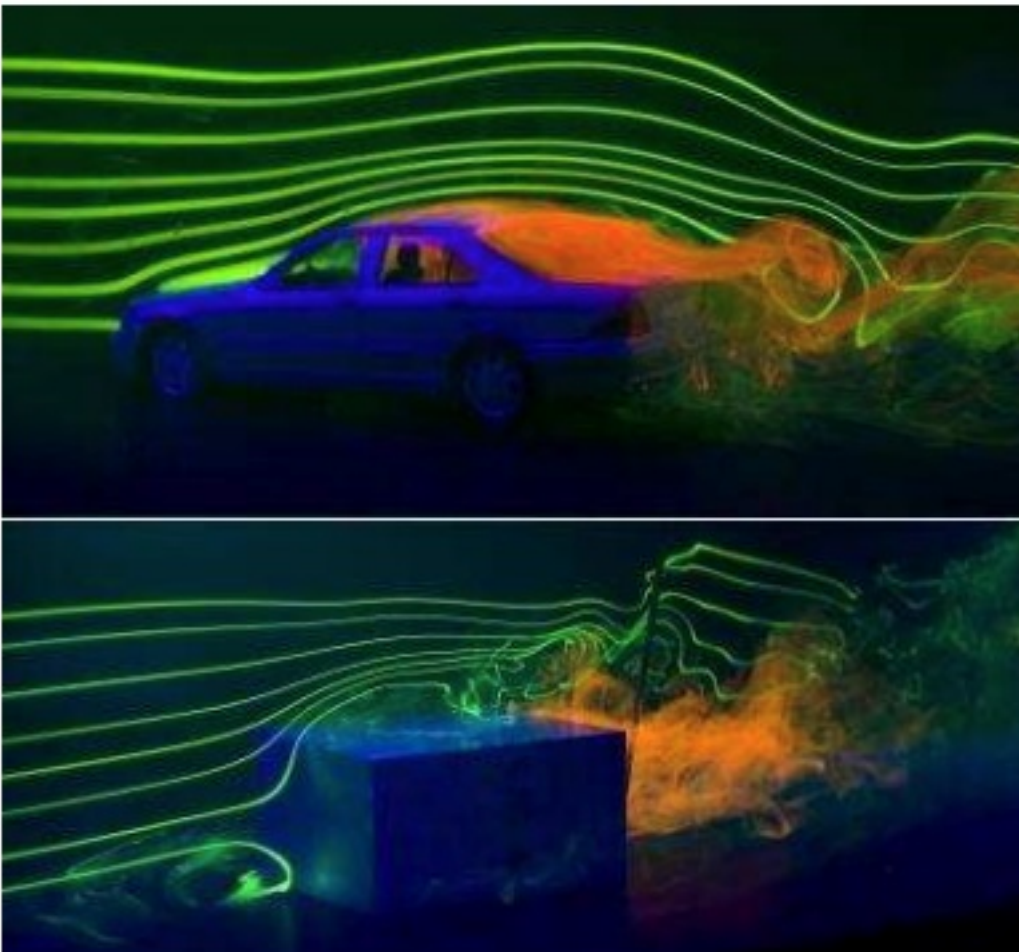
1.b. Puede modificarse la velocidad al cambiar la composición de la sangre; cambios en la viscosidad del fluido pueden producir el paso de un flujo laminar a uno turbulento; p.e. anemia severa.

2.- Obstáculos, obstrucciones locales ya sean totales (en una rama de un vaso sanguíneo) o parciales.

En términos generales, este tipo de obstáculos u obstrucciones incluirían desde una valva con un movimiento anormal, una lesión de una cuerda tendinosa, la presencia de un trombo, un aneurisma, presencia de *Dirofilaria*, placas de colesterol, comunicaciones anormales entre cámaras cardíacas o vasos sanguíneos, etc. en general, cualquier proceso que anule un conducto liso, de diámetro constante (o con una disminución del mismo gradual y acompañada de bifurcaciones) y con una luz libre de obstáculos.



La presencia de un obstáculo (o varios) produce el paso de flujo laminar a turbu



Una obstrucción parcial o un defecto anatómico pueden conseguir modificar el flujo sanguíneo y producir un flujo turbulento cuyas vibraciones se captan en forma de soplos. *Aunque cada uno de los obstáculos no sea capaz de producir un flujo turbulento, la sucesión de los mismos a intervalos determinados, produce este flujo turbulento; muchas lesiones congénitas anatómicas, dirofilariosis o trombosis intracardiaca, pueden producir este efecto.*

3. Cambios significativos y bruscos del **diámetro** del conducto por el que circula la sangre.

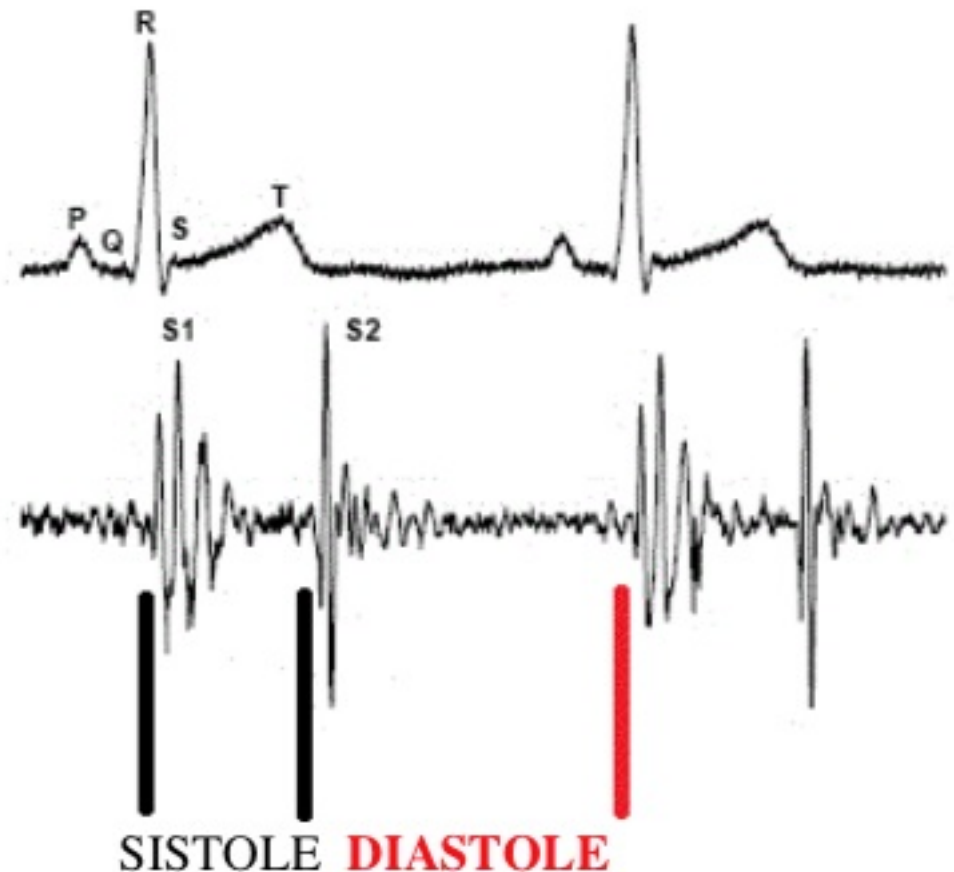
En muchas ocasiones se **combinan varios factores** para producir un flujo turbulento; p.e. una incompetencia valvular que supone un obstáculo parcial en el flujo de sangre, la pérdida de un flujo unidireccional obligado y la aparición de un chorro de regurgitación anormal de fluido, en otras ocasiones, el flujo turbulento se produce por el paso a través de un orificio de tamaño anormalmente pequeño de un flujo de sangre con una presión anormalmente alta.

No siempre que se escucha un **soplo** se debe sospechar de una enfermedad cardíaca ya que hay soplos INOCENTES o FISIOLÓGICOS, muchos de ellos relacionados con un alto gasto cardíaco (en animales jóvenes y en aquellos con un adecuado entrenamiento físico y adaptación a un alto rendimiento), algunos PATOLÓGICOS relacionados con enfermedades no-cardíacas; anemia o hipertensión sanguínea y algunos PATOLÓGICOS relacionados con enfermedades cardíacas o vasculares: desde lesiones degenerativas valvulares cardíacas hasta anomalías cardíacas congénitas o cuadros de tromboembolismo pulmonar o trombosis intracardiaca.

### **Localización de soplos dentro del ciclo cardíaco**

El funcionamiento cardíaco se puede considerar dividido en dos fases; sístole y diástole, referidas a los ventrículos; en la fase de sístole hay contracción ventricular (y relajación atrial) y en la diástole los ventrículos se relajan y se llenan de sangre.

Los sonidos cardíacos S1 y S2 se producen al principio y al final de la sístole o S1 al principio de la sístole y S2 al principio de la diástole, como quiera considerarse.



Cuando un soplo se produce después de S1 y antes de S2 se considera un soplo **SISTOLICO** y cuando se produce después de S2 y antes del S1 siguiente, se considera un soplo **DIASTOLICO**.

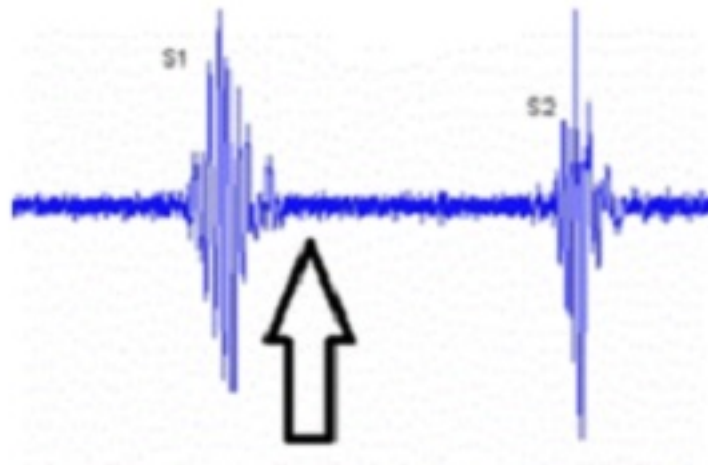
Los **soplos sistólicos** pueden ser:

1. Precoces
2. Medios
3. Tardíos o telesistólicos
4. Holosistólicos
5. Pansistólicos

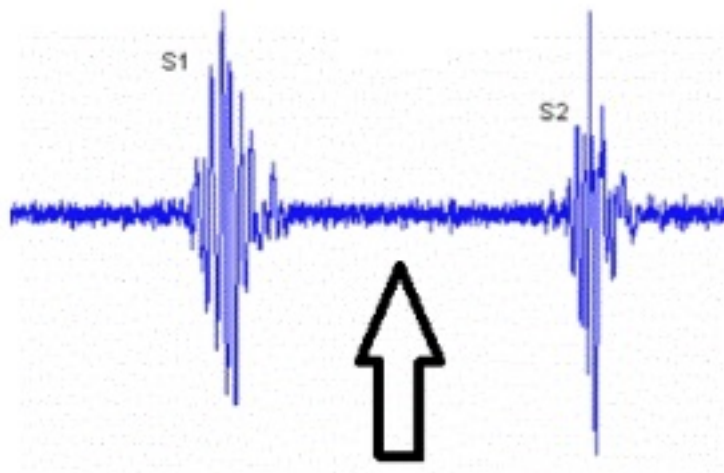
1. Precoces; en el primer 1/3 de las sístole
2. Medios; en el 1/3 medio de la sístole
3. Tardíos o telesistólicos; en el 1/3 final de la sístole
4. Holosistólicos; ocupan toda la sístole
5. Pansistólicos; ocupan toda la sístole y se superponen a S1 y S2
6. Un soplo **presistólico** es un soplo que ocurre al final de la diástole pero para diferenciarlo del telediastólico, el presistólico es aquel que comienza después de S4 (cuando está presente el 4o ruido cardiaco) y acaba en S1. Esta diferenciación es

poco práctica en clínica, ni siquiera es sencillo diferenciar entre medio y telesistólico en pacientes de consulta veterinaria con los equipos habituales de auscultación cardiaca.

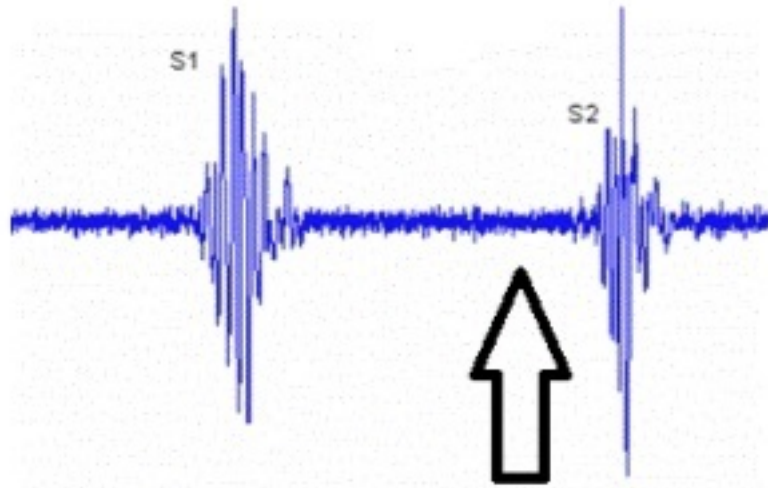
**Esquema de la localización de cada tipo de soplo:**



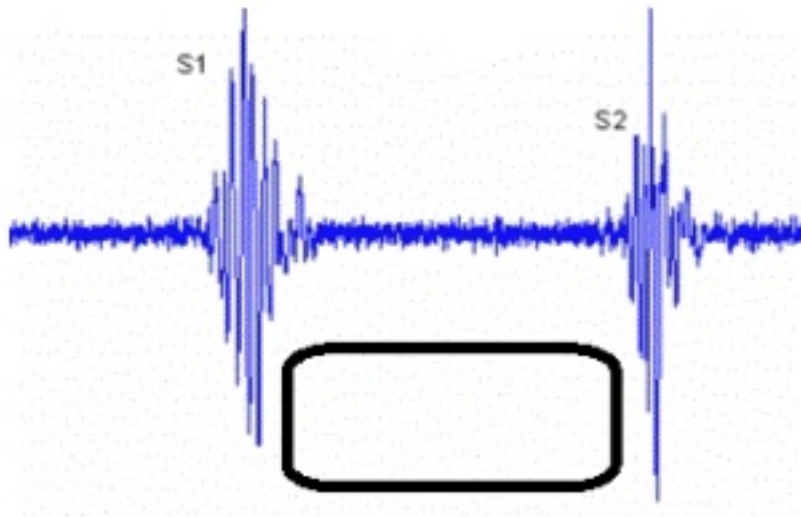
Localización de



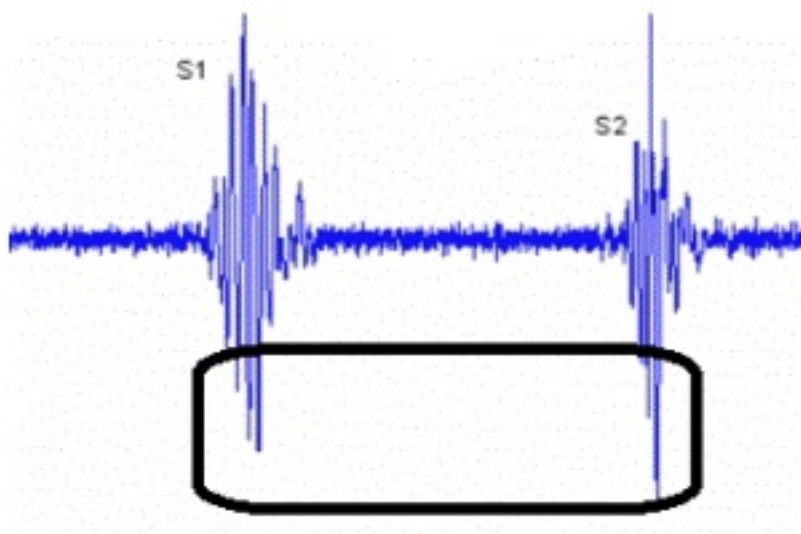
Localización de un soplo sistólico medio



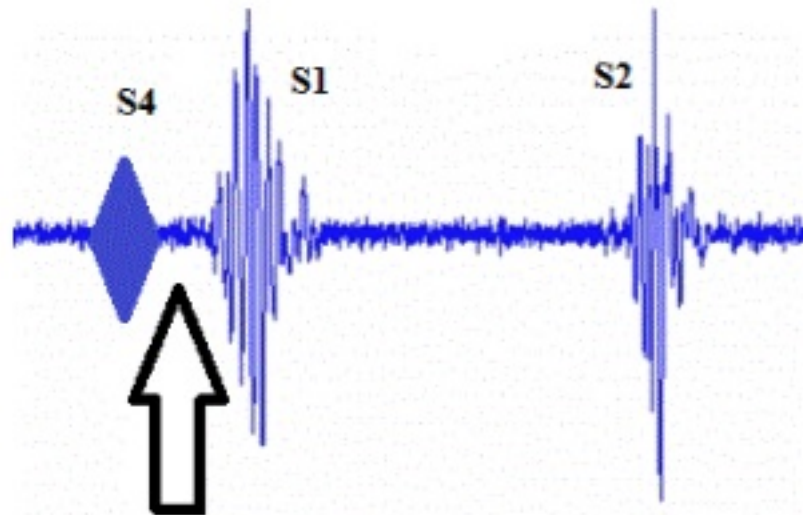
Localizaci3n



Localizaci3n



Localizaci3n de un soplo pansist3lico



Localización de un soplo presistólico La duración de la sístole es variable con la edad, la frecuencia cardíaca y el nivel de estrés, miedo, dolor, etc. de cada paciente. Pese a estas diferencias, todos los factores influyen un poco más sobre la duración de la diástole que sobre la duración de la sístole que tiende a mantenerse un poco más regular en cuanto a su duración. La sístole es el período entre S1 y S2 y tiene duración de 0,3-0,6 segundos en caballos aunque los animales jóvenes y los de pequeño tamaño (póneys) tienden a tener sístoles más breves.

*La sístole del perro dura entre 0,15 y 0,28 segundos y en el gato entre 0,13 y 0,18 segundos.*

*Conseguir diferenciar, mediante auscultación, si un soplo que ocupa "una parte" de esos 0,15 segundos del gato, se sitúa en los primeros 0,05 segundos, en los 0,05 segundos centrales o en los 0,05 segundos finales, realmente es muy complicado: Especialmente complicado si el gato está asustado. Con una frecuencia cardíaca de 220 lpm (lo que acorta la sístole y la deja en, tan solo: 0,13 o 0,11 segundos) y, además, estamos en la consulta con cierto nivel de ruido ambiental inevitable.*

*Hay que saber fijar ciertos límites a la prueba diagnóstica, diferenciar hallazgos "clínicos" de los "académicos" realizados en situaciones ideales con pacientes colaboradores y personal entrenado y entre hallazgos de "laboratorio de sonido" y aquellos realizados en la consulta veterinaria habitual.*

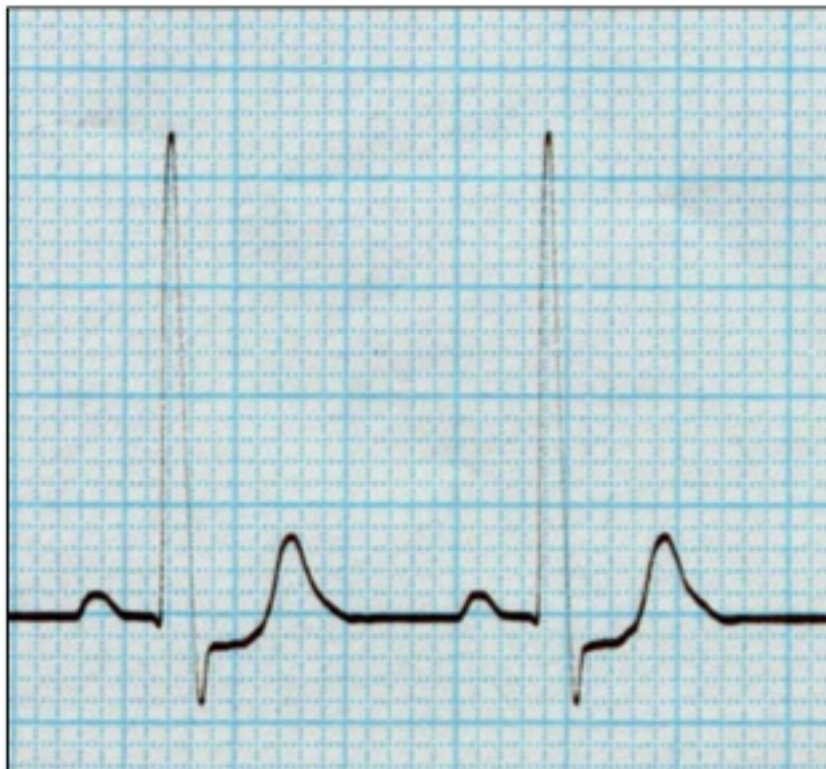
**Los soplos diastólicos** pueden ser:

1. Precoces; en el primer 1/3 de las diástole
2. Medios; en el 1/3 medio de la diástole
3. Tardíos o telediastólicos; en el 1/3 final de la diástole. Son semejantes a los presistólicos pero se clasifican como telediastólicos si no hay S4 y se producen al final de la diástole
4. Holodiastólicos; ocupan toda la diástole
5. Pandiastólicos; ocupan toda la diástole y se superponen a S2 y S1.

Los soplos diastólicos son mucho menos frecuentes y son de baja frecuencia; se escuchan con la campana del estetoscopio, es muy típico que con el diafragma no seamos capaces de escucharlos (o, al menos, se escuchan mucho más atenuados) en el mismo foco. Muchos autores solamente los consideran en una escala de 4 grados; 1-2-3- 4 ya que nunca tienen la intensidad que tendría un soplo sistólico de grados 5 o 6.

**Esquema de la localización de soplos sistólicos con respecto al ECG:**

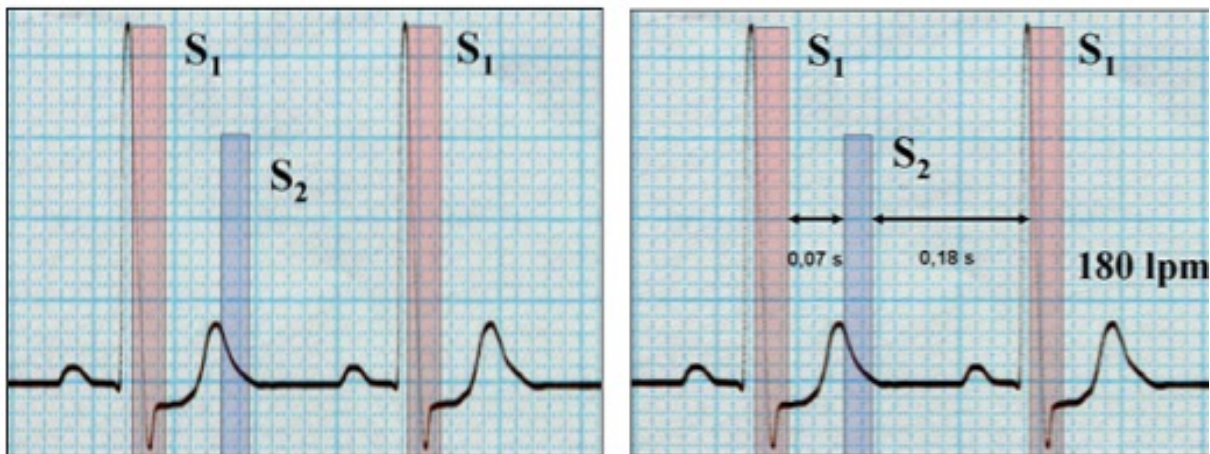
1. Precoces
2. Medios
3. Tardíos o telediastólicos
4. Holodiastólicos
5. Pandiastólicos



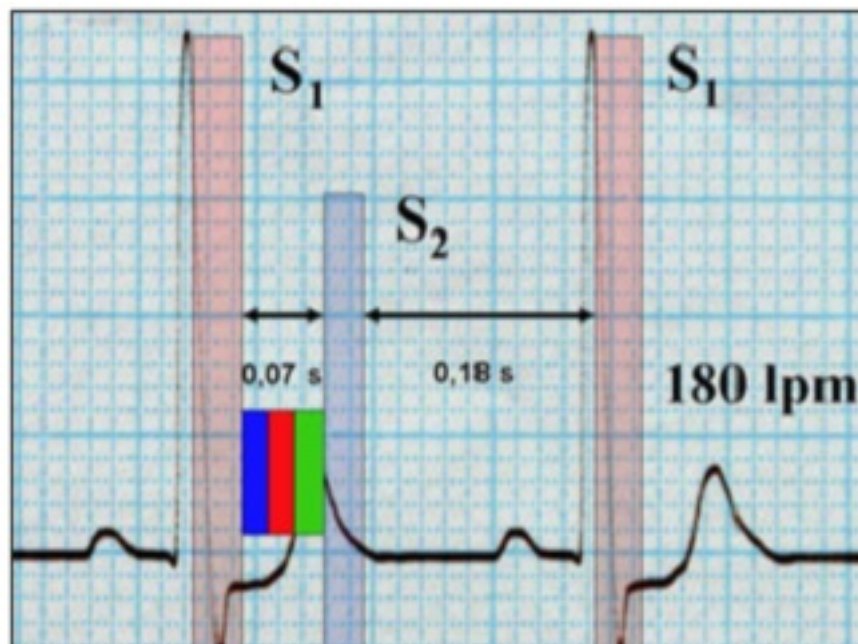
Si consideramos la presencia y localización de un soplo con respecto a un ECG, podemos comprobar la dificultad para identificar el punto preciso donde se produce un soplo.

Hay que recordar que la capacidad del oído humano no permite diferenciar dos sonidos "separados" si su diferencia temporal no es superior a 0,02-0,03 s.

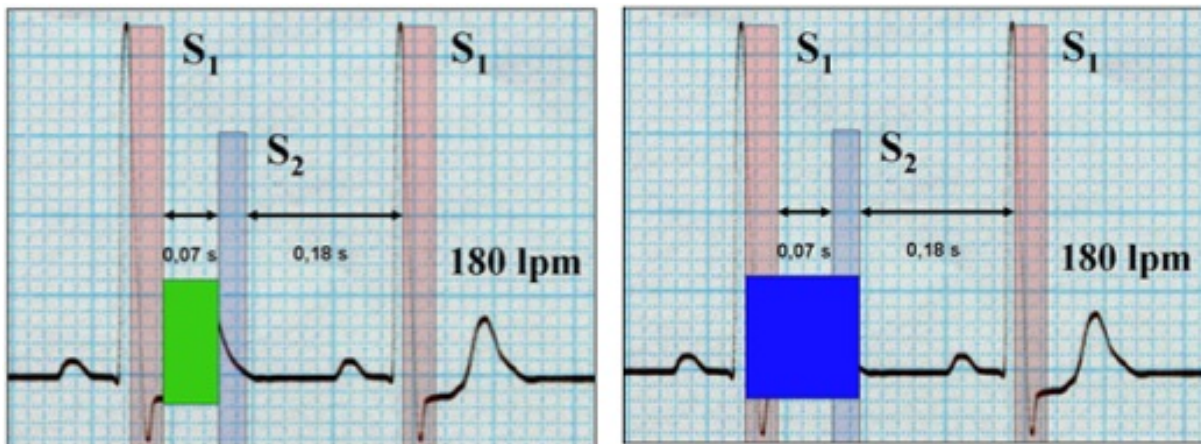
En un ECG de un perro, que tiene un ritmo regular sinusal y una frecuencia de 180 lpm (debido al estrés de la exploración física y la propia presencia en la consulta), podemos trazar la localización de los dos principales ruidos cardíacos.



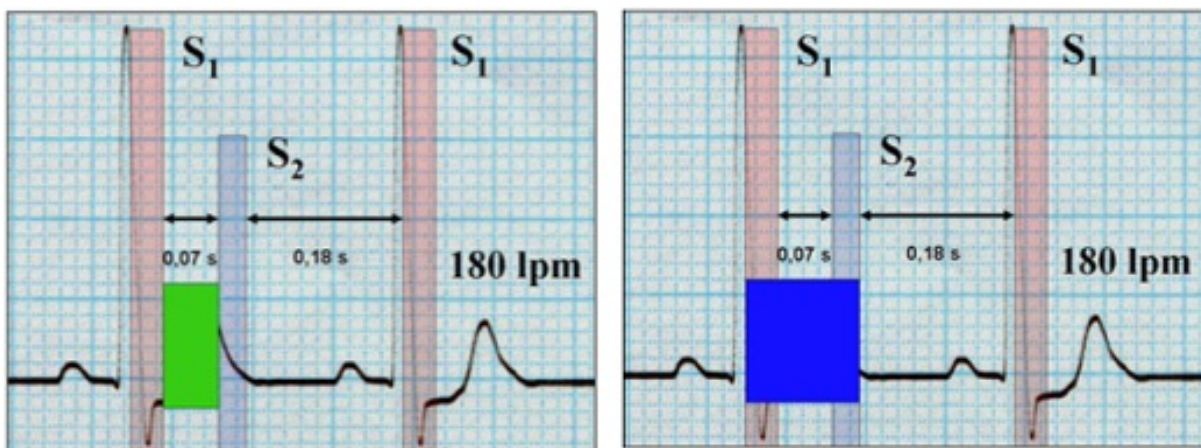
En este ejemplo, un soplo sistólico precoz, medio o tardío queda representado por los gráficos azul, rojo o verde; asegurar que, en esta frecuencia cardiaca, un sonido que dura 0,02-0,04 s. se sitúa en el primer tercio (los primeros 0,025 s) de un intervalo de 0,07 s, en el tercio medio o en el tercio final (soplo telesistólico).



No hay duda de que si la frecuencia cardíaca estuviera en 60 lpm, las separaciones temporales serían mayores y resultaría más sencillo detectar, identificar y tipificar cada soplo pero es más frecuente que un paciente (canino) con un soplo y una lesión cardíaca tenga una frecuencia de 140-180 lpm a que la tenga en 50-70 lpm. La auscultación puede ser más reveladora en humanos (frecuencia cardíaca normal de 75 lpm) o en caballos (35 lpm) que en perros y, sin duda, mucho más compleja de interpretar y valorar en gatos (200 lpm en la consulta veterinaria) o en hurones (220 lpm en la consulta).



Soplo holosistólico (esquema en color verde: no se superpone a S1 y S2) y soplo pansistólico (esquema de color azul; el soplo incluye S1 y S2 pero no se percibe como un soplo constante; hay algunas fases de "silencio" auscultatorio).



En el soplo continuo, de forma permanente, se percibe un soplo; la intensidad del sonido sube y baja (relacionado con la superposición de S1 o de S2) pero no hay ninguna fracción de tiempo en la cual tengamos un "silencio auscultatorio".

### Gradación de soplos cardíacos

**Grado de soplo** (intensidad); se trata de una valoración personal y subjetiva de la intensidad con la que escuchamos un soplo en un paciente determinado, se consideran 6 categorías posibles:

**GRADO I:** muy tenue, tardas minutos en detectarlos, se escuchan en condiciones perfectas con diafragma y con calma y algo de tiempo de auscultación. Solamente se detectan sobre un área concreta de auscultación que es donde se forma el flujo turbulento.

**GRADO II:** apagados pero se escuchan prácticamente nada más colocar el estetoscopio sobre el punto de máxima intensidad de soplo en el paciente. Si colocamos el estetoscopio en otra zona, no lo percibimos o lo hacemos con gran dificultad y baja intensidad.

**GRADO III:** más acentuados que el grado II, se escuchan con facilidad y todos los significativos hemodinámicamente son, al menos, de grado III.

**GRADO IV:** intensos, fáciles de escuchar, no se asocian a frémito (sensación palpable de vibración). Se escuchan en varios focos auscultatorios del paciente.

**GRADO V:** muy evidentes, pero al menos el borde del estetoscopio debe tocar el tórax. Se asocian a frémito (sensación palpable de vibración).

**GRADO VI:** se escuchan incluso sin APOYAR el estetoscopio sobre el tórax, además existe frémito y sensación de vibración precordial muy evidente.

Siempre se denominan con números romanos e indicando el grado subjetivo y el máximo; p.e. III/VI. Es interesante destacar que incluso en esta clasificación, algunos autores discrepan en ciertos conceptos y podemos encontrar referencias con Grado IV y frémito o "trill" (como indica: Smith, F.W.K., Tilley, L.P. Interpretación rápida de los ruidos cardiacos, soplos y arritmias. Intermédica, Buenos Aires, Argentina, 1995 ?pag. 28-) o en otras referencias el grado IV no admite presencia de frémito que es característico del grado V (como recoge: Kvart, C., Häggström, J. Cardiac auscultation and phonocardiography in dog, horses and cats. TK i Uppsala AB, Uppsala, Sweden, 2002, pag. 16-).

Algunos autores intentan simplificar la clasificación según un criterio de relación con S1 y S2: los soplos 2-3-4 que serían las intensidades medias más complejas de tipificar, se comparan con los sonidos cardiacos normales del paciente; los soplos de grado 2 tienen menos intensidad que los sonidos cardiacos, los soplos de grado 3 tienen una intensidad similar a los sonidos cardiacos y los de grado 4 tienen más intensidad que S1 y S2.

### **Otras características de los soplos cardíacos**

**Calidad y frecuencia;** es una clasificación subjetiva y personal acerca de aspectos detectados en un soplo cardíaco: podemos considerar 3 categorías:

- Suaves
- ? Ásperos o roncós
- ? Musicales, agudos

Que un veterinario considere un soplo "suave" o "musical" y otro lo clasifique de otro modo es frecuente e inevitable, incluso el mismo veterinario, en el mismo paciente, puede dar dos características diferentes en momentos diferentes de la exploración y debido a mínimas diferencias en frecuencia cardíaca, respiratoria, en el estetoscopio, etc.

Entre las frecuencias, encontramos también 3 categorías:

- ? Baja frecuencia: 50-100 Hz
- ? Media: 100-200 Hz
- ? Alta: 400-500 Hz

Esta característica ayuda a comprobar si el soplo se escucha mejor con la campana del estetoscopio (frecuencias bajas) o con el diafragma (membrana) del estetoscopio (frecuencias altas).

Es importante destacar este aspecto de los soplos: por ejemplo, muchos auriculares de reproducción de música (y también muchos altavoces) tienen una capacidad de reproducción que comienza en 160-180 Hz (cps) lo cual impide que podamos escuchar soplos de baja (y de media) frecuencia en esos auriculares; si los acoplamos a un estetoscopio electrónico, los usamos para escuchar sonidos en páginas web, los usamos para reproducir sonidos grabados, etc. es muy probable que no escuchemos "lo mismo" que escucha otro compañero que use unos audífonos de mejor calidad y cuyas frecuencias abarquen desde, por ejemplo, los 80 Hz.

---