

ELECTROCARDIOGRAMA – CLASE TEÓRICA Y PRÁCTICA

<https://webs.um.es/clara/miwiki/>

I-INTRODUCCIÓN

II- FUNDAMENTOS DEL ECG (EKG).

- ¿Cómo se registran los cambios de la actividad eléctrica cardíaca en el ECG?
- Propagación del impulso cardíaco

Diferencias entre repolarización auricular y repolarización ventricular

III- REALIZACIÓN DEL ECG ESTÁNDAR.

- ¿CUÁNTOS ELECTRODOS HAY Y CÓMO SE PONEN PARA HACER UN ECG ESTÁNDAR?
- DERIVACIONES
 - ◆ Derivaciones de los miembros
 - ◆ Derivaciones monopares o unipolares torácicas o precordiales, o de Wilson
- COLOCACIÓN DE LOS ELECTRODOS: Electrocardiógrafo de 12 derivaciones
 - ◆ Derivaciones de los miembros
 - ◆ Derivaciones monopares o unipolares torácicas o precordiales, o de Wilson

IV- EJE ELÉCTRICO CARDÍACO.

V- CÁLCULO DE LA FRECUENCIA CARDÍACA EN EL ECG.

VI- ¿CÓMO SÉ SI EL ECG ES NORMAL – QUÉ TENGO QUE MIRAR?

VII- CONSIDERACIONES A TENER EN CUENTA

Para la comprensión de esta clase práctica es importante estudiar antes estos apartados del Tema 2:

II- EL CORAZÓN

1- Anatomía funcional. Recuerdo anatómico.

1.4. Tipos de tejido cardíaco en el Miocardio.

Tejido muscular cardíaco.

El sistema de conducción cardíaco: Células autorritmicas.

1.5. Fases del ciclo cardíaco.

3- Electrocardiograma.

CONSEJOS PARA REALIZAR BIEN LA PRÁCTICA

- 1- Leer bien esta clase teórico-práctica y practicar con los ejercicios que se os proponen.
- 2- Preguntar las dudas en las clases o mediante las tutorías presenciales o a través de SUMA.
- 3- El día de la práctica se os darán unas instrucciones sencillas para la realización de la práctica.
- 4- El día de la práctica, haced eso, PRACTICAR, mirando el electrocardiógrafo, ver como se enciende y apaga, fijaros si hay papel dentro, donde están los electrodos y cuáles son los precordiales y cuáles los de los miembros. Si hay alcohol y gasas o algodón,
- 5- Todo lo que se os pregunta en el cuestionario que tenéis que entregar se puede responder con estos apuntes.
- 6- Hay material de apoyo adicional al que podréis acceder a través de esta página web:
 - [Registro del electrocardiograma](#). Muy aconsejable leer. Son 3 páginas donde se describe de forma muy sencilla el procedimiento y derivaciones adicionales del ECG.
 - [Actividad eléctrica del corazón y ECG](#). Más amplio, 25 páginas y ejemplos aplicados de fisiopatología.
 - [El Electrocardiograma](#). Componentes. Valores normales y semiología de sus perturbaciones. Artefactos en el trazado del ECG que no son alteraciones. Páginas: 35.
 - [Anatomía y fisiología clínica del sistema C-V](#). Páginas: 20. Trata sobre todo de anatomía y función cardíaca de forma básica y está bastante completo.
 - [Enfermería en Cardiología](#). Publicación científica de la Asociación Española de Enfermería en Cardiología que contiene los siguientes artículos científicos:
 - Pag. 7 Nociones básicas de anatomía, fisiología y patología cardíaca: arritmias.
 - Pag. 21 Evolución histórica de la Enfermería y la Cardiología
 - Pag. 29 El Laboratorio de Electrofisiología. Recursos humanos y materiales
 - Pag. 34 El Estudio Electrofisiológico diagnóstico. Protocolo de actuación de enfermería.
- 7- Sitios web de interés:
 - El Electrocardiograma: <http://www.eccpn.aibarra.org/temario/seccion4/capitulo56/capitulo56.htm>

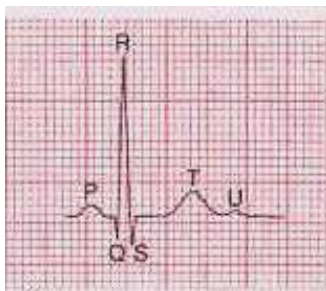
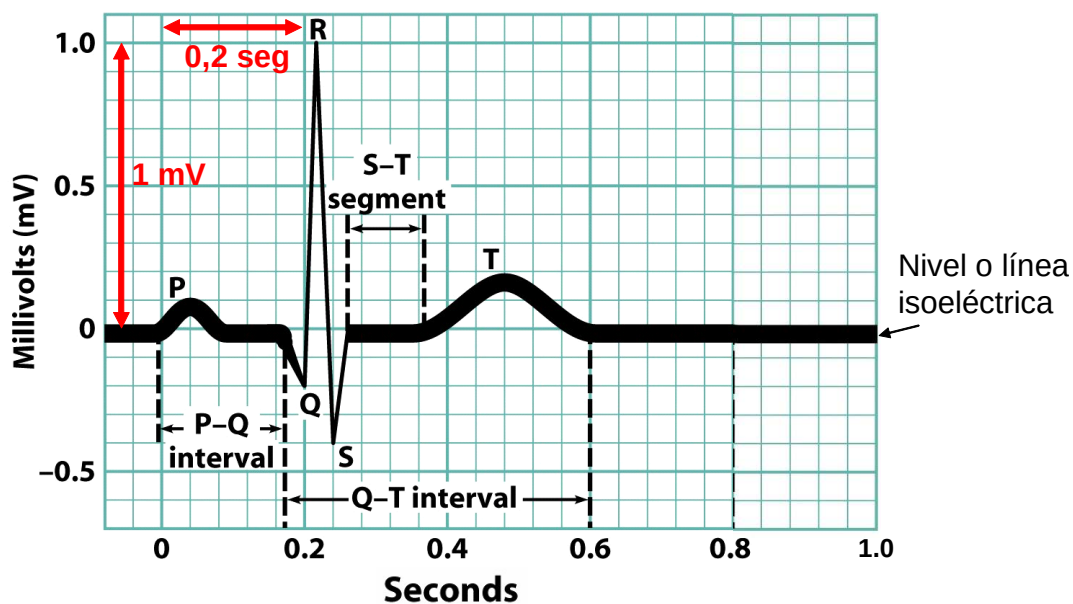
ELECTROCARDIOGRAMA

I- INTRODUCCIÓN

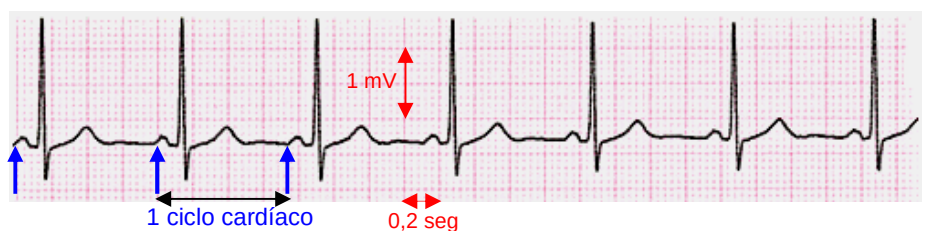
La actividad eléctrica del corazón genera diferencias de potencial en la superficie del cuerpo, que son posibles de detectar y registrar mediante electrodos colocados en la piel. El electrocardiograma (ECG, EKG) **es el registro lineal de la actividad eléctrica del corazón** y se realiza mediante el **electrocardiógrafo**. Constituye una técnica de exploración rutinaria porque es incruenta (no invasiva) y de fácil manejo y por la riqueza de datos que proporciona, tanto anatómicos (hipertrofia o necrosis miocárdicas) como funcionales (ritmo cardíaco, trastornos de la conducción, ... etc).

En el ECG normal se registran durante cada ciclo cardíaco (latido) una serie de curvas u ondas por arriba o por debajo de una línea basal o **nivel isoelectrico**. La curva de despolarización auricular en el ECG se conoce como **onda P**. La curva de despolarización ventricular origina el **complejo QRS**. Y la curva de repolarización ventricular da lugar a la **onda T** y en ocasiones a una onda U de repolarización tardía, cuyo significado exacto no se conoce. La repolarización auricular (onda Ta) queda oculta por la despolarización ventricular (complejo QRS). Entre las ondas se encuentran los **segmentos** que no incluyen ondas. Y las partes del ciclo cardíaco que incluyen ondas y segmentos se llaman **intervalos**. Ver figuras abajo.

El registro del ECG estándar se realiza en papel milimetrado a una **velocidad de 25 mm/seg** (así 25 mm = 1 seg; 5 mm = 0,2 seg; y 1 mm = 0,04 seg); y **calibrado de forma que 10 mm = 1 mV**.



Registros reales y sin ampliar.



Valores normales

Onda P: su altura no debe superar los 2,5 mm y su anchura los 0,10 seg. Suele ser redondeada y simétrica.

Complejo QRS: su anchura es inferior a 0,10 seg y la altura de la R no es superior a 25 mm en las derivaciones V₅ y V₆, ni a 20 mm en I ni a 15 mm en aVL. Por otra parte, la onda Q no suele superar el 25% de la R siguiente, aunque hay excepciones, sobre todo en III, aVL y aVF, y debe ser estrecha (menor de 0,04 seg).

Onda T: en el adulto es positiva en todas las derivaciones menos en aVR. A menudo es también negativa o aplanada en V₁; en III y aVF la onda T puede ser aplanada o incluso negativa. En el niño es normal que la onda T sea negativa en las precordiales derechas (repolarización infantil).

Intervalo PR: en el adulto es de 0,12-0,20 seg (hasta 0,22 seg en el anciano).

II- FUNDAMENTOS DEL ECG (EKG)

Las células cardíacas en reposo se encuentran cargadas o polarizadas, es decir, tienen cargas negativas en el interior y positivas en el exterior.

Cuando les llega un estímulo, las despolariza, es decir, el interior se hace positivo respecto al exterior y como respuesta tiene lugar su contracción.

Estos cambios en la actividad eléctrica (de negativo a positivo y viceversa) recorren todo el corazón y se pueden captar con electrodos externos colocados sobre la piel (figura 1) y ese registro constituye el ECG. Como los cambios en voltaje que se producen en las células son muy pequeños, del orden de milivoltios (mV), y no se verían, es necesario utilizar un sistema amplificador que produzca corrientes suficientemente fuertes para impulsar un galvanómetro que mueva una aguja caliente sobre un papel termo sensible.

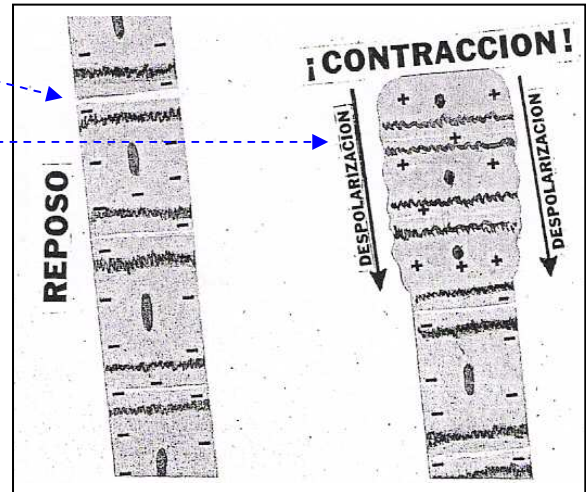
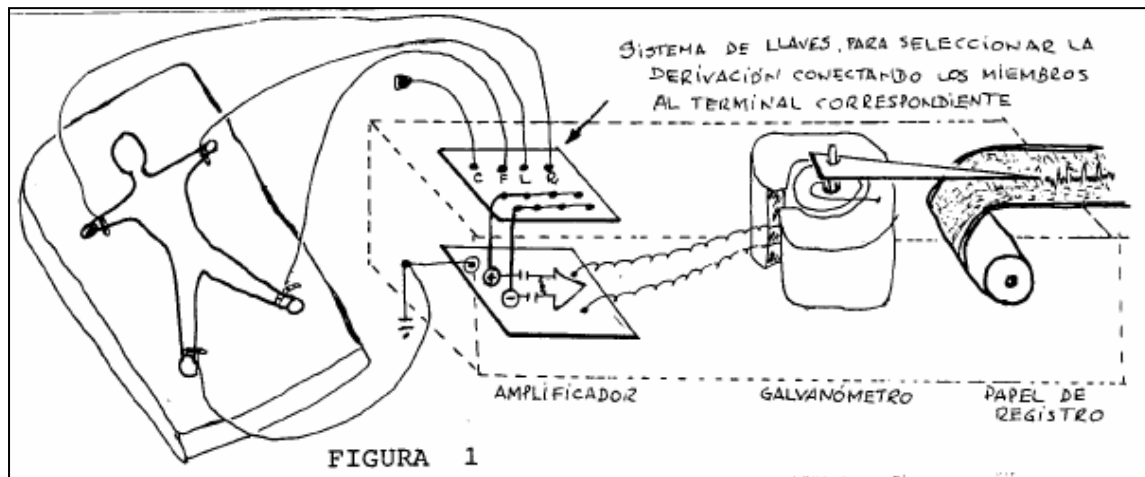
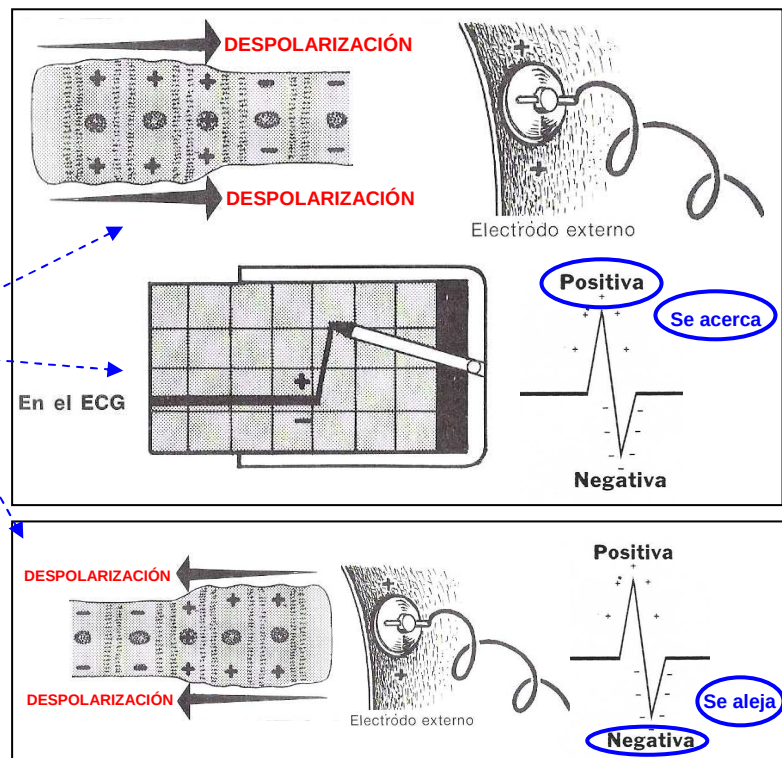


Figura 1. Esquema básico de un electrocardiógrafo



¿Cómo se registran los cambios en el ECG?

Cuando la despolarización (signos positivos) en las células cardíacas se acerca a un electrodo externo que hemos colocado sobre la piel, el ECG registra una onda o deflexión positiva (por arriba de la línea isoelectrica); y si se aleja, registra una onda o deflexión negativa (por debajo de la línea isoelectrica). Si no hay cambios, el electrodo registra una línea isoelectrica.



Como hemos visto, al despolarizarse, el potencial negativo del interior de la fibra muscular cardíaca se invierte y se hace positivo. Esta excitación se propaga como un frente que lleva cargas positivas en la "cabeza" y cargas negativas en la "cola". A este frente se le llama dipolo (dos polos, uno positivo y otro negativo) y se representa como un vector (rojo) dirigido hacia el sentido de la despolarización (hacia la dirección que se va haciendo positiva).

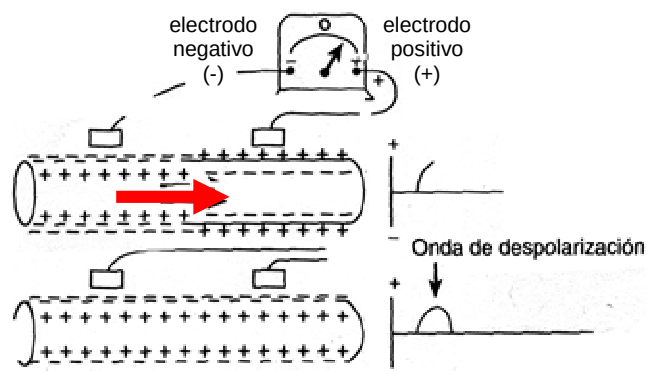
La dirección del vector y de la onda que origine, es decir, el que sea positiva o negativa, dependerá de si se acerca o aleja del electrodo positivo (como hemos explicado antes) y, por tanto, va a depender también del lugar donde coloquemos el electrodo.

El tamaño o amplitud del vector y de las ondas depende:

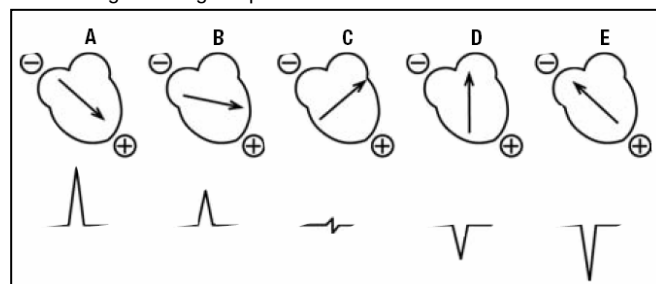
1- De la superficie del órgano que se esté despolarizando, cuanto mayor sea, mayor será el vector (por ej. el vector y onda ventricular será mayor que el auricular).

2- De la distancia a la que se encuentra del electrodo (cuanto más cerca esté el electrodo de la señal mayor es el vector y mayor la amplitud de la onda, ej. las derivaciones precordiales tienen ondas mayores a las derivaciones de los miembros).

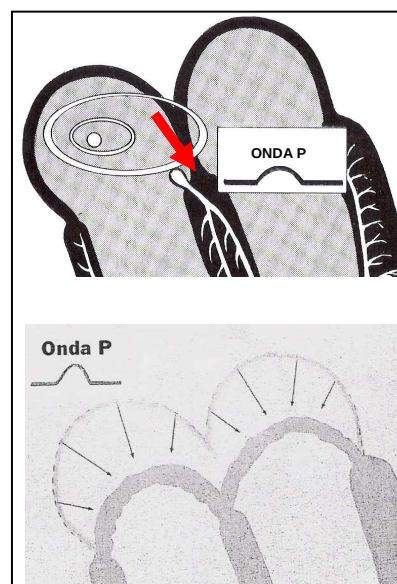
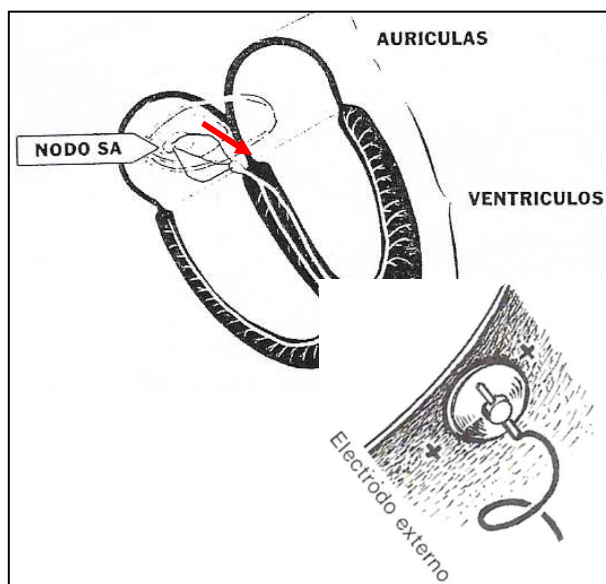
3- Del ángulo que forma el vector con el electrodo. A menor ángulo, mayor es el vector y mayor la amplitud de la onda (A y E). A mayor ángulo, menor es el vector y menor la amplitud de la onda (B y D). Si el vector de despolarización es paralelo al electrodo (+), el electrodo lo verá 1º acercarse y después alejarse, dando lugar a una onda isodifásica (de igual amplitud por arriba y por debajo de la línea isoelectrica).



Ondas según el ángulo que forma el vector con el electrodo.



Durante la **propagación del impulso cardíaco (Ver tema 2)**, la corriente fluye por el sistema de conducción cardíaco, despolarizando primero a las aurículas y después a los ventrículos. Esta despolarización va creando zonas con células despolarizadas frente a otras en las que las células están todavía en reposo, y, por tanto, generan vectores de despolarización. Existen dos grandes vectores eléctricos cardíacos: el de despolarización auricular, y el de despolarización ventricular. El vector de despolarización auricular (en rojo), se dirige hacia abajo, adelante y desde la derecha a la izquierda en el plano frontal (dado que el Nódulo Sinusal se encuentra en la parte alta de la aurícula derecha), y produce la onda P del electrocardiograma.



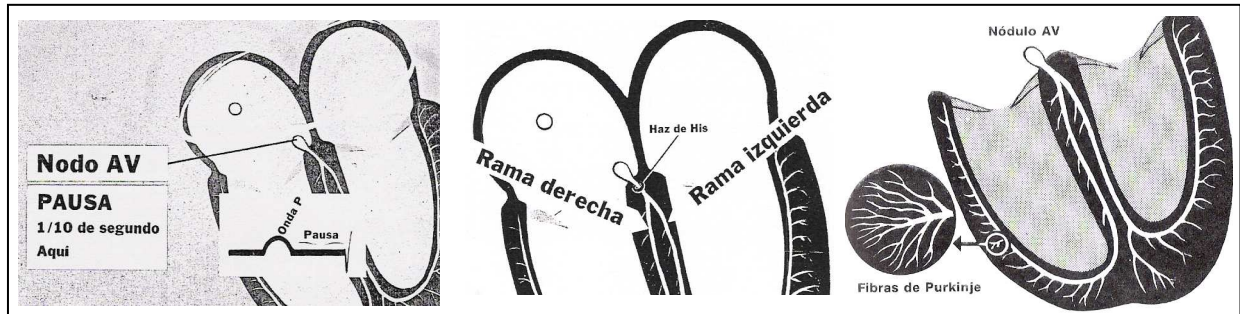
Propagación del impulso cardíaco:

1- Los estímulos se generan o inician en el **nódulo sinusal**, localizado en la aurícula derecha cerca de la desembocadura de la vena cava superior.

2- Desde allí se propagan a través de los **tractos o vías internodales** por la aurícula derecha y la aurícula izquierda, produciendo la **Onda P en el ECG** y provocando después la contracción de las aurículas. La onda P en este caso es positiva porque el vector de despolarización (signos positivos) se dirige (se acerca) hacia el electrodo positivo. Si el electrodo estuviese en el lado opuesto, la onda P se registraría hacia abajo o negativa.

3- Luego llegan al **nódulo aurículoventricular (AV)**, localizado en el tabique interauricular por arriba del anillo de la válvula tricúspide, donde tras un retraso de 0.1 segundos, prosiguen su recorrido por el **haz de His**, que se dirige al tabique interventricular.

4- Los estímulos se propagan por las **ramas derecha e izquierda del haz de His** y finalmente pasan a la **red de Purkinje**, que son ramificaciones del sistema de conducción que se expanden por las paredes de los dos ventrículos, llevando al estímulo desde el endocardio al epicardio, desde dentro hacia fuera de la pared del corazón.



La despolarización ventricular produce el complejo QRS del electrocardiograma, y realmente está formado por 3 vectores, que son:

1) Vector de despolarización del tabique interventricular: produce un pequeño vector dirigido hacia abajo, a la derecha y hacia adelante.

2) Vector de despolarización de la parte apical de los ventrículos izquierdo y derecho: produce un gran vector dirigido hacia abajo, a la izquierda y hacia atrás.

3) Vector de despolarización de las bases (parte alta) de los ventrículos derecho e izquierdo: produce un pequeño tercer vector dirigido hacia arriba, a la derecha y hacia atrás.

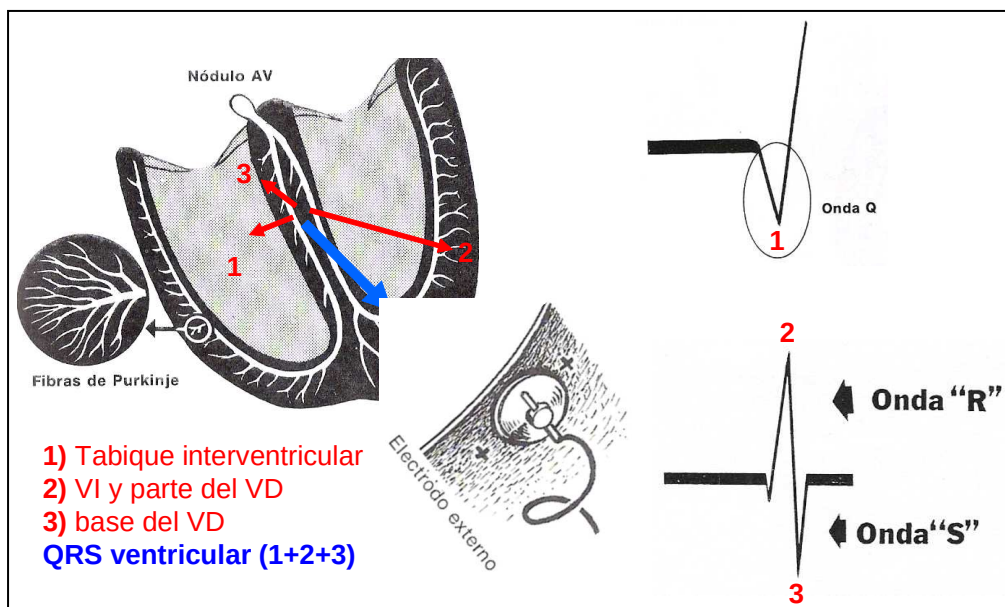
Teniendo en cuenta la posición del electrodo de la imagen, el vector 1 sería responsable de la **Onda Q**; el vector 2, de la **Onda R**; y el vector 3, de la **Onda S**, dando lugar al **complejo QRS en el ECG** y finalmente a la contracción de los ventrículos.

Nomenclatura del complejo QRS:

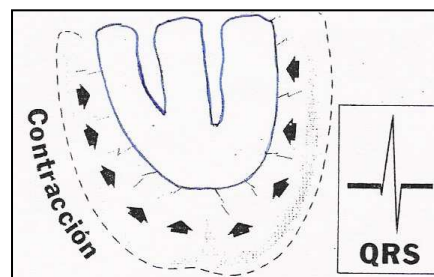
Onda Q – primera onda negativa del complejo QRS que precede a la R.

Onda R – primera onda positiva que aparece en el complejo QRS.

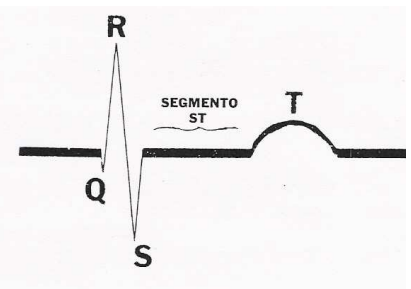
Onda S – onda negativa del complejo QRS que aparece después de una R.



El vector QRS medio ventricular sería la suma vectorial de los 3 vectores (1+2+3) y se dirige hacia abajo, a la izquierda y hacia atrás (azul). El QRS medio determina el eje eléctrico del corazón.



5- Hasta que no acaba la sístole o contracción ventricular no hay cambios eléctricos, por tanto, no hay ondas si no una línea isoelectrica (segmento ST). Después tiene lugar el retorno de las cargas eléctricas de las células cardiacas a su posición de reposo, o lo que es lo mismo, el interior celular pasa de positivo a negativo. Este fenómeno se llama **repolarización ventricular** y origina la **onda T** en el ECG. La onda T representa el mismo recorrido que hizo la despolarización ventricular (QRS) pero es más lento. La **repolarización auricular** (onda Ta) queda oculta por el complejo QRS y no se registra en el ECG. Durante la repolarización **no hay actividad mecánica pero si hay actividad eléctrica**: las cargas eléctricas vuelven a su situación basal y están preparadas para un nuevo estímulo desde el nódulo sinusal que iniciaría un nuevo ciclo cardiaco indicado por la aparición de una nueva onda P.



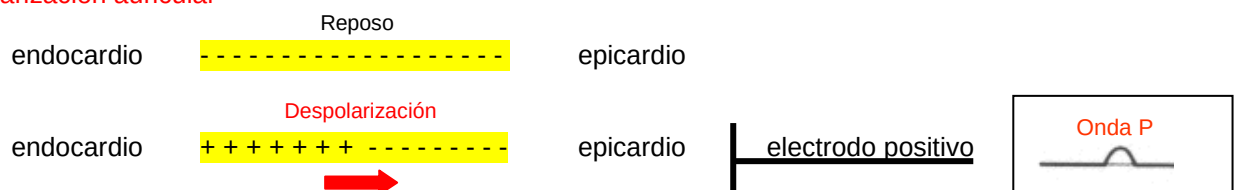
Animación de la propagación del impulso cardíaco (lento) http://es.wikipedia.org/wiki/Imagen:ECG_principle_slow.gif

Animación de la propagación del impulso cardíaco (rápido) http://commons.wikimedia.org/wiki/File:ECG_Principle_fast.gif

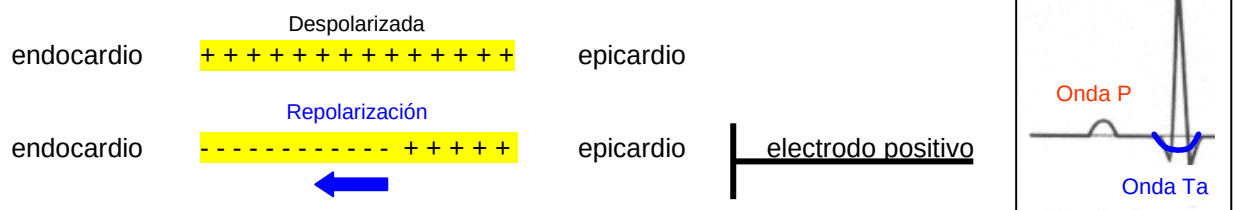
Diferencias entre repolarización auricular y repolarización ventricular

En la despolarización (rojo) las cargas positivas se acercan al electrodo generando el vector rojo y la onda P que es positiva. En la repolarización auricular (azul) las cargas negativas son las que se acercan al electrodo positivo y las positivas se alejan, lo que origina el vector azul y una onda Ta negativa, de signos opuestos a los de la despolarización (rojo). **Simplificamos y sólo ponemos los signos en el interior de las células.**

Despolarización auricular

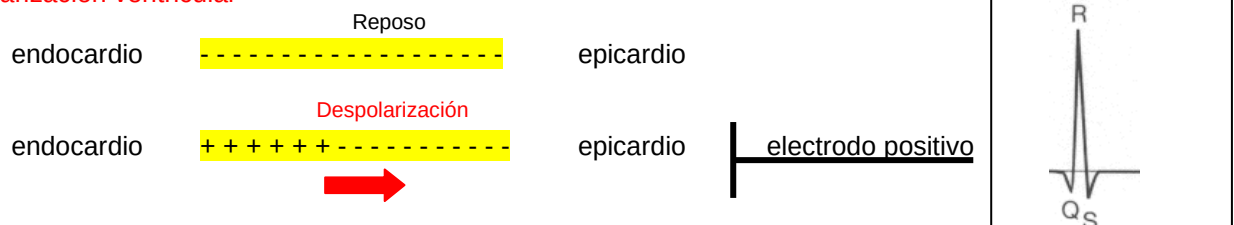


Repolarización auricular

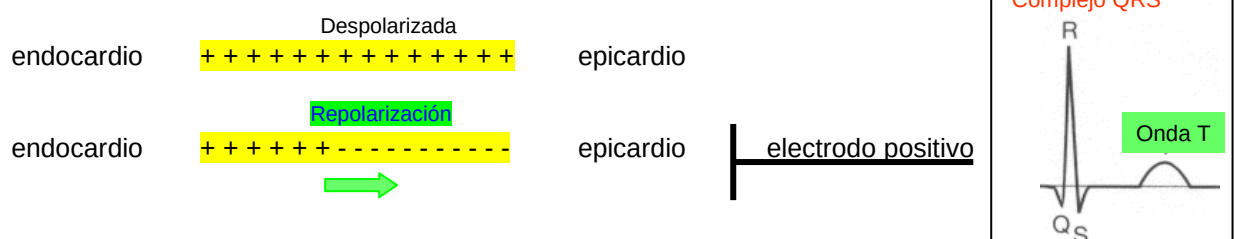


Al contrario, la repolarización ventricular (verde) da lugar a un vector y onda T positivos en vez de negativos. Esto se debe a la relativa isquemia del endocardio durante la contracción ventricular que hace que la repolarización comience en el epicardio y vaya hacia endocardio, en vez de al contrario, que sería lo esperado. Debido a esto, las cargas y el vector formado con el cambio de voltaje en la repolarización tienen la misma disposición que tenían durante la despolarización (rojo) y el electrodo positivo ve alejarse a las cargas negativas y registra una onda positiva de menor intensidad y más lenta que el complejo QRS.

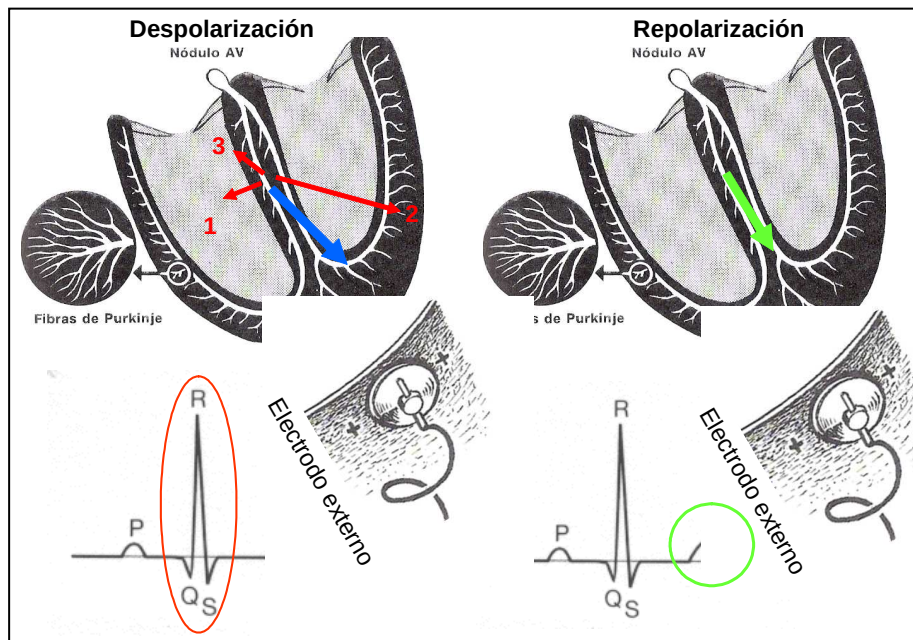
Despolarización ventricular



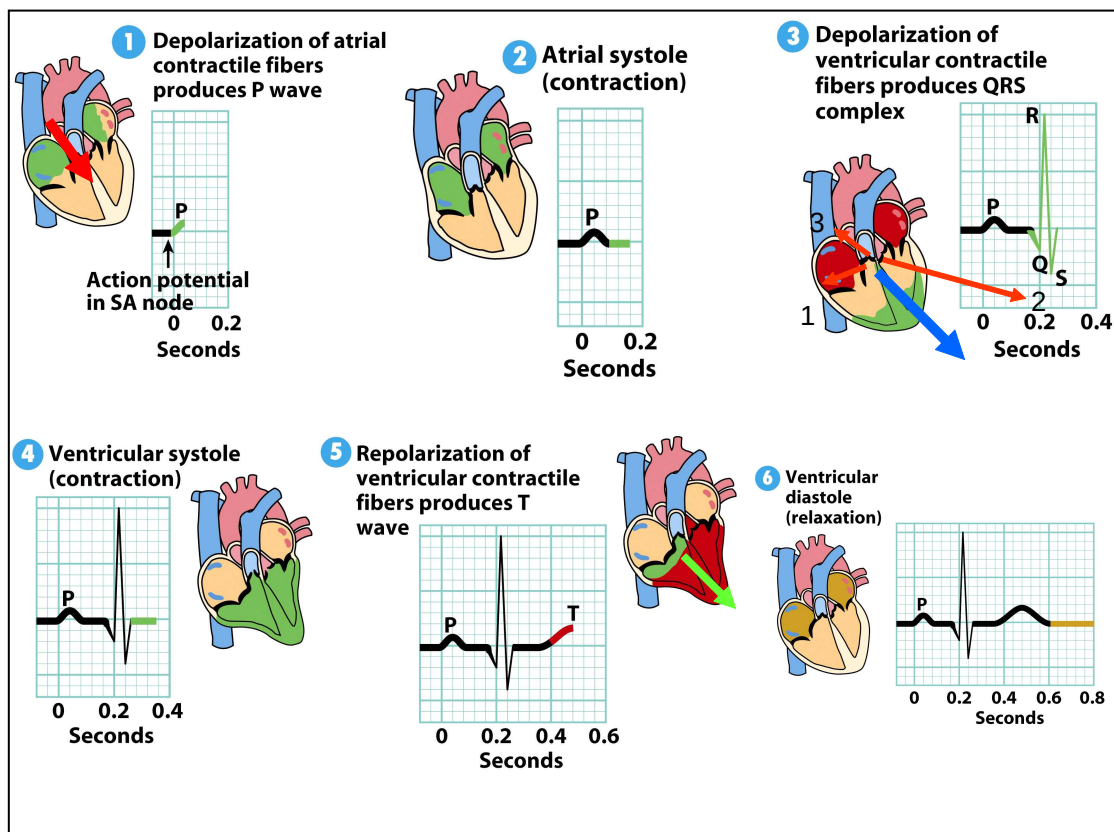
Repolarización ventricular



Entonces, ambos vectores ventriculares (abajo), de despolarización (azul) y repolarización (verde), tienen más o menos la misma dirección y un electrodo colocado externo colocado en la posición de la figura de abajo registraría ondas predominantemente positivas.



RESUMEN



III- REALIZACIÓN DEL ECG ESTÁNDAR

Se explica amablemente al paciente que es una prueba indolora y en palabras que nos entienda en qué va a consistir. El paciente deberá estar cómodamente acostado, con el tórax desnudo y los brazos y piernas extendidas y tobillos y muñecas al descubierto, en una temperatura agradable. La sensación de frío origina temblores musculares y junto a otros movimientos producen artefactos en el trazado del ECG. Los objetos metálicos ocasionan artefactos e interfieren en el trazado del ECG.

Antes de colocar los electrodos, se frota la piel con una gasa o algodón empapado en alcohol para eliminar el sudor y grasa superficiales. Después, si es necesario, se aplica una pequeña cantidad de pasta conductora sobre los electrodos y se sujetan a la piel.

¿CUÁNTOS ELECTRODOS HAY Y CÓMO SE PONEN PARA HACER UN ECG?

DERIVACIONES

Una derivación consta de **un electrodo positivo (+) y de un electrodo negativo (-)**, situados en el individuo de una forma específica para recoger la actividad eléctrica del corazón desde un eje o un punto de vista determinados. En el ECG estándar se registran 12 **derivaciones** o ejes o puntos distintos.

De las 12 derivaciones, 6 son derivaciones de los miembros y con ellas se crean 6 ejes o puntos de registro de la actividad cardiaca en el **plano frontal** o vertical. Las otras 6 son derivaciones torácicas o precordiales y con estas se crean 6 ejes o puntos de registro de la actividad cardiaca en el **plano horizontal**.

1. Derivaciones de los miembros:

- 1.1. Derivaciones bipolares de las extremidades (I, II, III – DI, DII, DIII – D1, D2, D3) o de Einthoven.
DI – El electrodo positivo se coloca en el brazo izquierdo (+) y el negativo en el derecho (-).
DII – El electrodo negativo se coloca en el brazo derecho (-) y el positivo en la pierna izquierda (+).
DIII – El electrodo negativo se coloca en el brazo izquierdo (-) y el positivo en la pierna izquierda (+).

- 1.2. Derivaciones monopoles o unipolares de las extremidades, o de Goldberger.

aVR – El electrodo positivo se coloca en el brazo derecho (+).
aVL – El electrodo positivo se coloca en el brazo izquierdo (+).
aVF – El electrodo positivo se coloca en la pierna izquierda (+).

Para cada derivación, las otras dos derivaciones se conectan a un terminal (Central terminal de Goldberger, CTg) y forman un polo común (-) aunque realmente no es negativo sino neutro y se le llama electrodo indiferente. aVR, aVL y aVF serían los electrodos exploradores y funcionarían como una derivación monopolar.

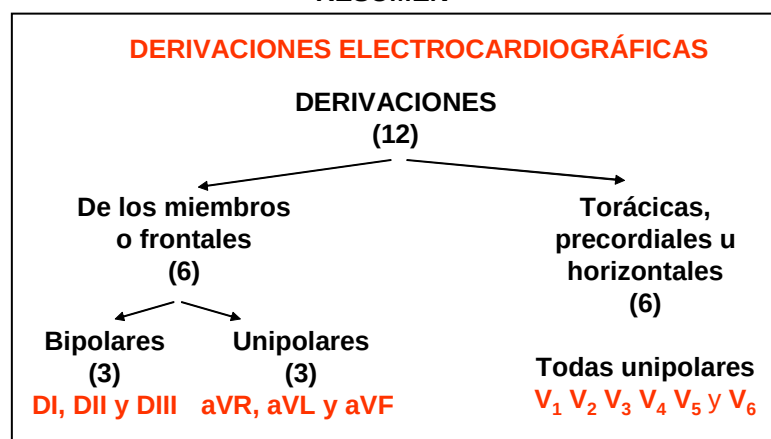
2. Derivaciones monopoles o unipolares torácicas o precordiales, o de Wilson:

El electrodo positivo se coloca en:

- V₁** – 4º espacio intercostal (4º EIC) al lado derecho del esternón (+). Rojo.
V₂ – 4º espacio intercostal (4º EIC) al lado izquierdo del esternón (+). Amarillo.
V₃ – equidistante V₂ – V₄ (+). Verde.
V₄ – 5º espacio intercostal (5º EIC) izquierdo en la línea media claviclar (+). Marrón.
V₅ – equidistante V₄ – V₆ en la línea axilar anterior izquierda (+). Negro.
V₆ – 5º espacio intercostal (5º EIC) izquierdo en la línea axilar media (+). Violeta.

Para cada derivación, las tres derivaciones de los miembros se conectan a un terminal (Central terminal de Wilson, CTw) que anula los potenciales de esos tres puntos. Entonces, los electrodos exploradores V₁ – V₆ funcionan como una derivación monopolar.

RESUMEN



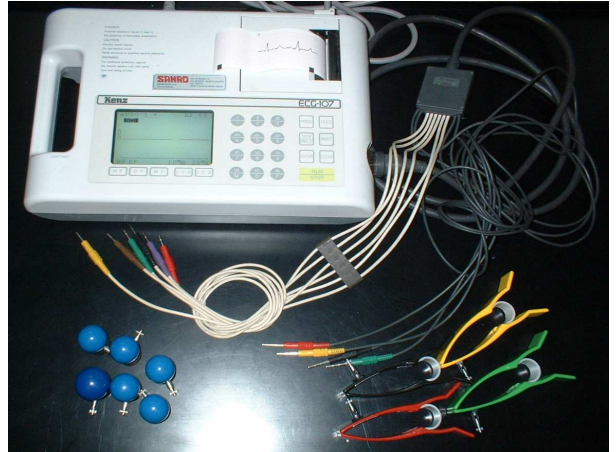
COLOCACIÓN DE LOS ELECTRODOS:

- **Derivaciones de los miembros:** los electrodos tienen forma de pinza y se colocan en la cara ventral de las muñecas y cara medial de los tobillos (la parte metálica y el cable por dentro), siendo las muñecas las prolongaciones más accesibles de los hombros y las piernas del pubis, por lo que a una persona con un miembro amputado se le colocará el electrodo en la zona más distal de éste. El potencial eléctrico registrado en una extremidad (a más de doce centímetros del corazón), es el mismo sin importar el sitio en donde se coloque el electrodo sobre ella (Ley del infinito eléctrico). Estos electrodos son los 4 cables más largos que conectan al electrocardiógrafo y tienen un sistema de colores estandarizado en todo el mundo (excepto Inglaterra).

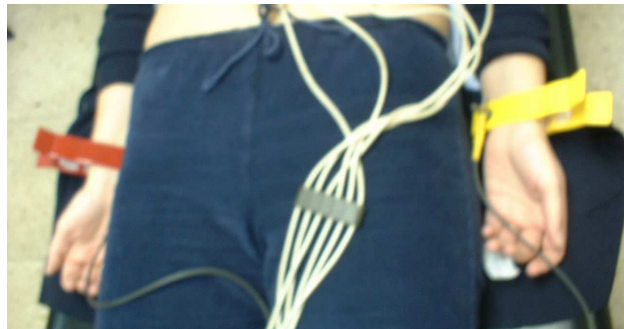
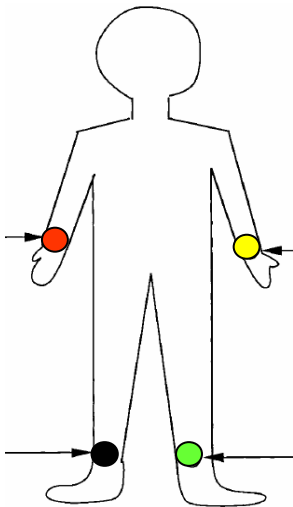
Siglas RANA (rojo, amarillo, negro y verde “V” al revés “Λ”).

Rojo: brazo derecho (right arm).
Amarillo: brazo izquierdo (left arm).
Negro: pierna derecha (right foot).
Verde: pierna izquierda (left foot).

El electrodo negro es la toma de tierra del electrocardiógrafo y se pone siempre para evitar interferencias y artefactos eléctricos en el trazado. Si no se coloca no saldrá bien. Sólo se necesitan estos 4 electrodos para medir las 6 derivaciones de los miembros ya que el electrocardiógrafo designa automáticamente el signo o polaridad de los electrodos como (+) o (-) según la derivación seleccionada en ese momento. Por ejemplo si seleccionamos o de forma automática registramos la derivación DI, el electrocardiógrafo asigna el polo positivo al brazo izquierdo (pinza amarilla) y el negativo al brazo derecho. Por tanto, es muy importante la colocación correcta de los electrodos.

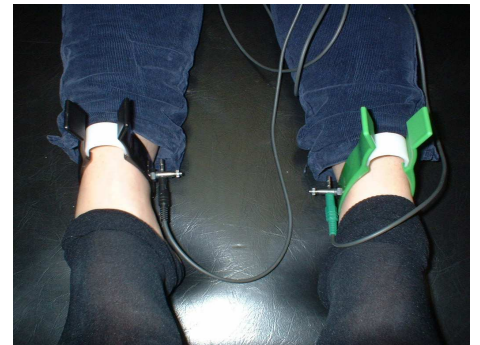


Electrocardiógrafo de 12 derivaciones.



Rojo: brazo derecho (right arm).

Amarillo: brazo izquierdo (left arm).



Negro: pierna derecha (right foot).

Verde: pierna izquierda (left foot).

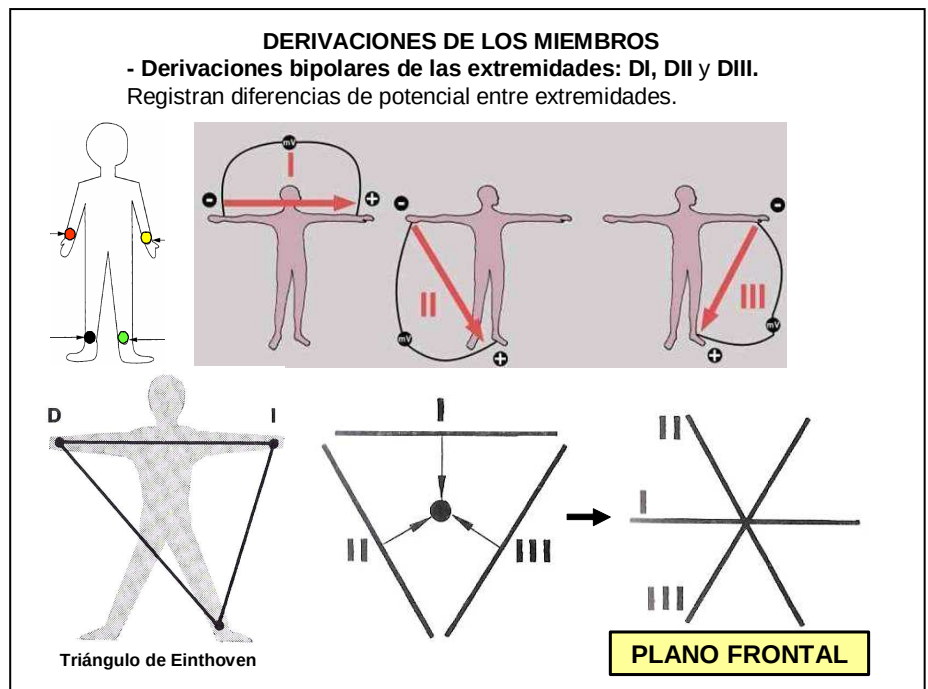
Cuando estén todos los electrodos colocados deben quedar como en esta fotografía.



Colocación de los electrodos – Animación: <http://www.youtube.com/watch?v=xS7LCUOWd5s>

Hemos dicho que con las 6 derivaciones de los miembros (DI, DII, DIII, aVR, aVL y aVF) se crean 6 ejes o puntos de registro de la actividad cardíaca en el **plano frontal** o vertical. Esos ejes se cortan en un centro que es el nódulo AV.

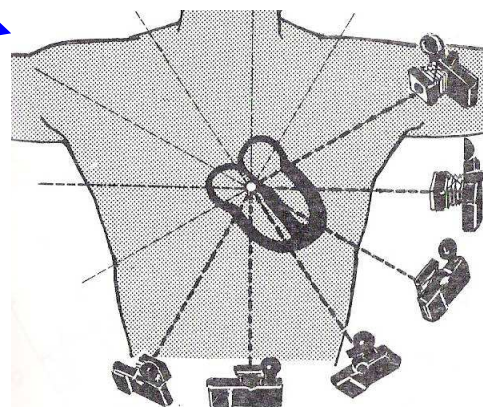
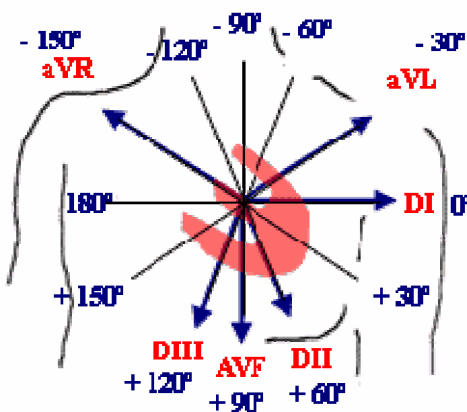
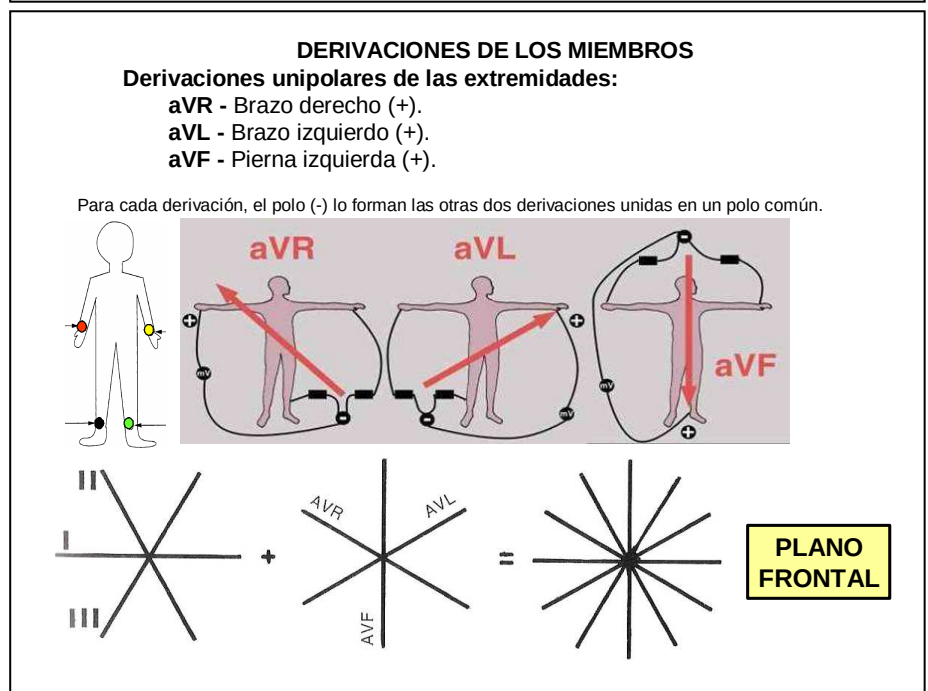
Las derivaciones bipolares o de Einthoven forman un triángulo que lleva su nombre, cuyos lados se trasladan al centro y forman un sistema de ejes equidistantes 60° que se llaman igual que las derivaciones DI, DII y DIII.



Las derivaciones unipolares de los miembros o de Goldberger, forman otro sistema de ejes equidistantes entre ellos 60°, aVR, aVL y aVF, y perpendiculares a los anteriores. Necesitan ser amplificadas (50%) para que puedan ser visibles sus registros, y de ahí que lleven la “a” pequeña delante (de amplificadas).

Al unir ambos se forma un sistema de 6 ejes equidistantes 30° y con los mismos polos positivos y negativos que tenía su derivación.

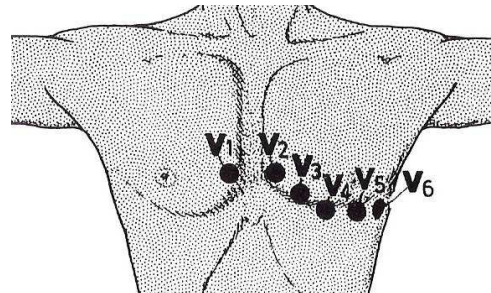
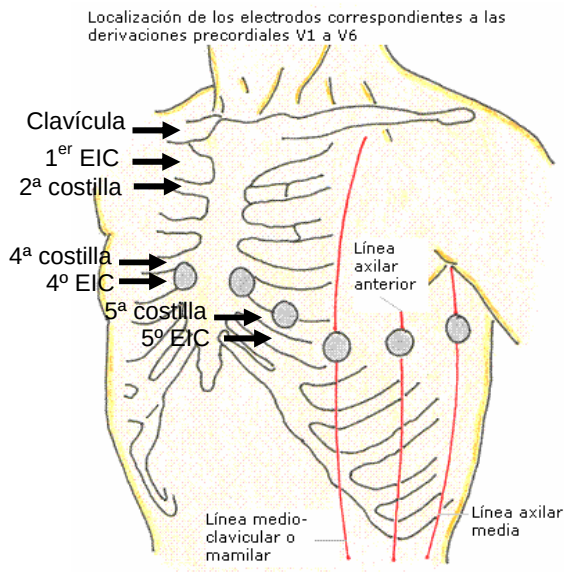
Lo que quiere decir que estas derivaciones exploran la actividad eléctrica del corazón cada 30° del plano frontal.



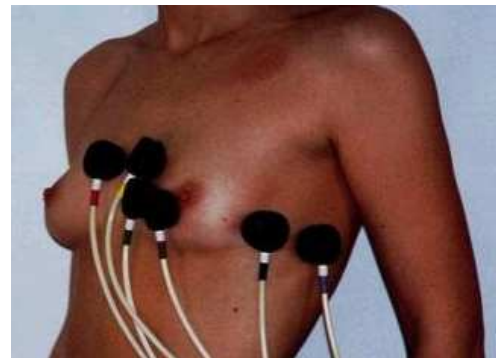
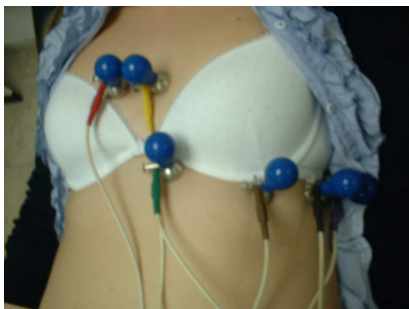
COLOCACIÓN DE LOS ELECTRODOS:

Derivaciones precordiales, torácicas o de Wilson: los electrodos tienen forma de ventosa manual o adhesiva (si son desechables) y se colocan como describimos previamente. Se reconocen porque vienen enumerados del 1 al 6 y van conectados al electrocardiógrafo por los cables cortos. Es importante colocarlos en el sitio correspondiente. El electrodo negro es la toma de tierra del electrocardiógrafo y se coloca siempre en la pierna derecha aunque sólo se examinen las derivaciones precordiales.

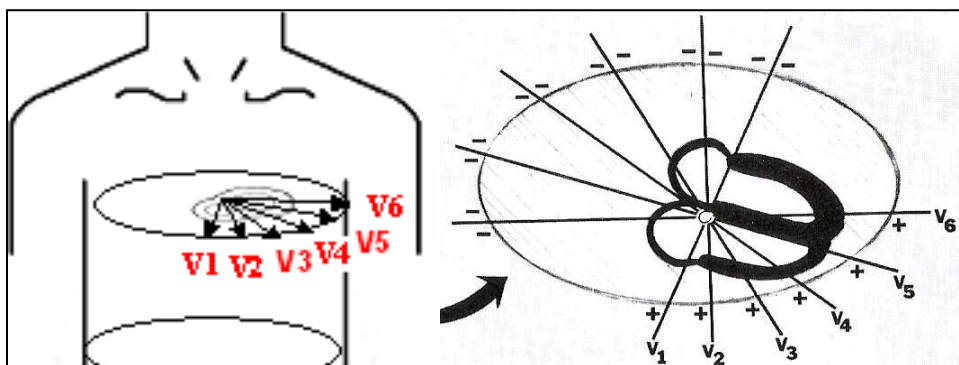
- Para localizar el 4º espacio intercostal (4º EIC) se tocan y cuentan las costillas del paciente al lado del esternón. El espacio (o hueco) que queda justo debajo de la clavícula y pegado al esternón es el 1º espacio intercostal (1º EIC) y le sigue hacia abajo un hueso relativamente grueso que es la 2ª costilla al que le sigue el 2º espacio intercostal (2º EIC). Le sigue la 3ª costilla – 3er EIC – 4ª costilla – 4º EIC – 5ª costilla – 5º EIC. Es importante saber localizar estos espacios ya que en el hombre el 4º EIC está más o menos a la altura de los pezones pero en la mujer no, como se aprecia en las fotos de abajo. Practica en casa la localización de los EIC con familiares y amigos.



En la clase de prácticas, debe quedar más o menos así, aunque lo correcto es realizar el ECG sin sujetador como se muestra a la derecha.

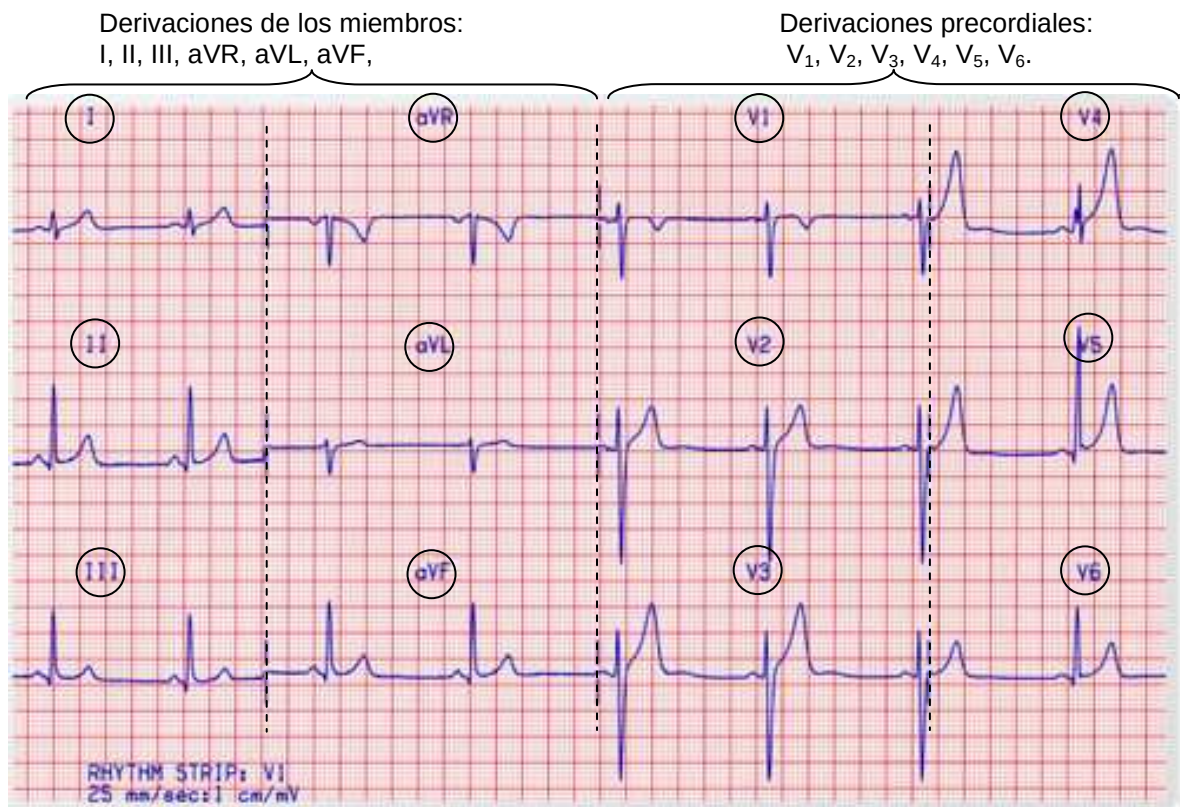


Con estas 6 derivaciones torácicas o precordiales también se crean 6 ejes o puntos de registro diferentes de la actividad cardíaca pero en el **plano horizontal** (con centro en el nódulo AV), desde los que observamos la actividad eléctrica cardíaca. Al estar más cerca del corazón sus registros tienen una mayor amplitud que las derivaciones de los miembros.



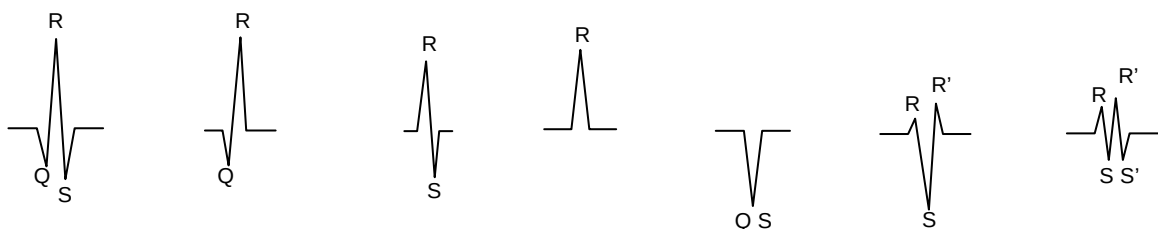
Una vez colocados los electrodos podemos empezar el registro del ECG. El manejo del electrocardiógrafo presenta pequeñas variaciones dependiendo del modelo por los que nos referiremos a los que usamos en el laboratorio de Fisiología.

1. Conectar y encender el electrocardiógrafo (interruptor en ON).
2. Calibración: Es importante seleccionar una amplitud de 10 mm = 1mV y la velocidad del papel de 25 mm / seg como corresponde al ECG estándar.
3. Seleccionar los filtros para obtener la señal más limpia posible.
4. En "AUTO 1" o "AUTO", el orden de las derivaciones es el que aparece en el electrocardiógrafo: I, II, III, aVR, aVL, aVF, V₁, V₂, V₃, V₄, V₅, V₆. En "MANUAL" debemos elegir la derivación que queremos registrar y nosotros comenzaremos pulsando start, run o print, o pararemos pulsando stop manualmente. Utilizaremos este modo MANUAL al acabar el automático, para calcular la frecuencia cardíaca.
5. A partir de este momento podemos comenzar a registrar el ECG. Recuerda 1º el automático.
6. El resultado es algo parecido a este trazado donde observamos el registro de la actividad eléctrica cardíaca desde los 12 puntos distintos del cuerpo o derivaciones (electrodos). Con el modo automático el aparato registra 2 o 3 segundos en cada derivación y cambia a la siguiente por orden.
7. Al finalizar el ECG en el modo automático, hemos de pasar al modo manual (pulsamos MANUAL), elegimos una derivación en la que se vea bien la onda R (normalmente DII o DIII). Después pulsamos start, run o print, dejamos transcurrir mínimo 6 segundos y paramos pulsando stop. Ahora hemos acabado el ECG.

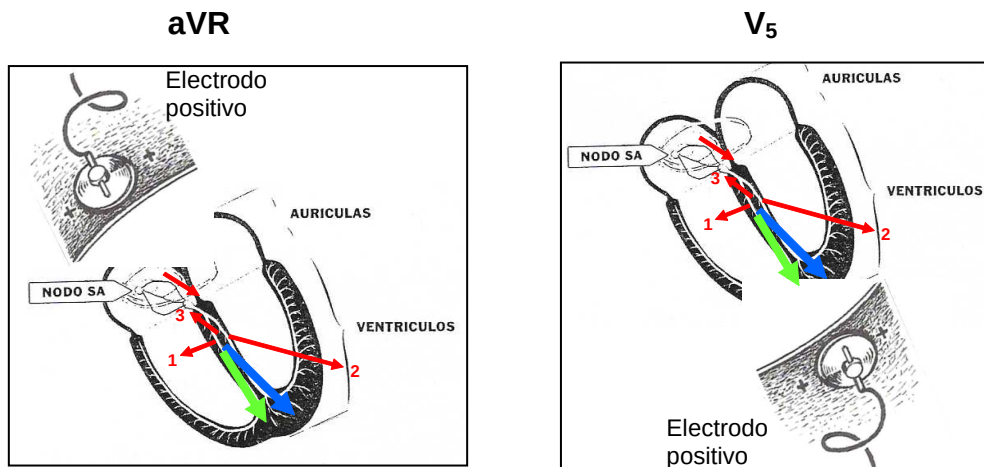


De esto se deduce que las ondas P, complejos QRS y ondas T son distintos en un mismo individuo dependiendo de la derivación que observemos. La onda P y T pueden ser positivas, negativas o estar más o menos aplanadas. En los complejos QRS no siempre se observan las 3 ondas sino que pueden existir todas estas posibilidades: complejos QRS, QR, RS, R, QS, RSR' y RSR'S', si bien estos dos últimos pueden ser indicativos de bloqueo de rama derecha del Haz de His cuya forma parcial es relativamente frecuente y normalmente no tiene consecuencias clínicas. Se considera patológico si estos complejos [RSR' y RSR'S'] sobrepasan una anchura de 0,12 segundos. Las ondas Q y S frecuentemente no se ven en algunas derivaciones porque corresponden a la despolarización de partes pequeñas de los ventrículos, dando vectores muy pequeños que no detectan los electrodos o los registran como pequeñas muescas.

Tipos de complejos QRS que nos podemos encontrar y los nombres de las ondas en las diferentes derivaciones del ECG (excepto en la derivación aVR).

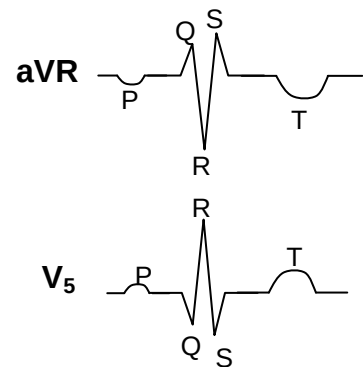


Si nos fijamos ahora en el trazado de aVR del ECG cuyo electrodo positivo está a la derecha del corazón, vemos que las ondas que son positivas en V₅ o V₆ son negativas aquí y viceversa. Los vectores de despolarización no han variado, lo que varía es la posición del electrodo con el que estoy registrando esas derivaciones. Nota: Los electrodos del ejemplo de abajo no están en su posición real, están en sitios extremos para que el ejemplo resulte más ilustrativo.

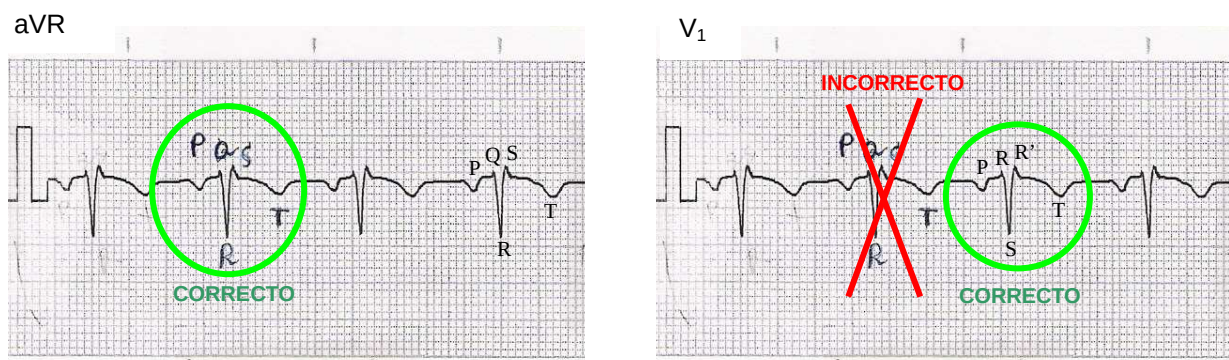


En líneas generales y considerando un eje normal, las derivaciones que se encuentran más a la derecha como aVR y V₁, ven como las despolarizaciones se alejan, por lo que registran ondas negativas.

Por convenio, la nomenclatura del complejo QRS en aVR (y sólo en aVR) es opuesta al resto de derivaciones, siendo "R" la onda picuda más amplia negativa, "Q" la onda positiva antes de la "R" y "S" la onda positiva después de la "R". Normalmente "P" y "T" también son negativas. Como se observa en este ejemplo el registro en aVR es como un espejo de V₅.



Es frecuente encontrar complejos QRS parecidos a los de aVR en V₁ pero OJO, los nombres de las ondas no son iguales. Ejemplo práctico de los nombres de las ondas: diferencias entre aVR y V₁.



EJERCICIO DE COMPRENSIÓN

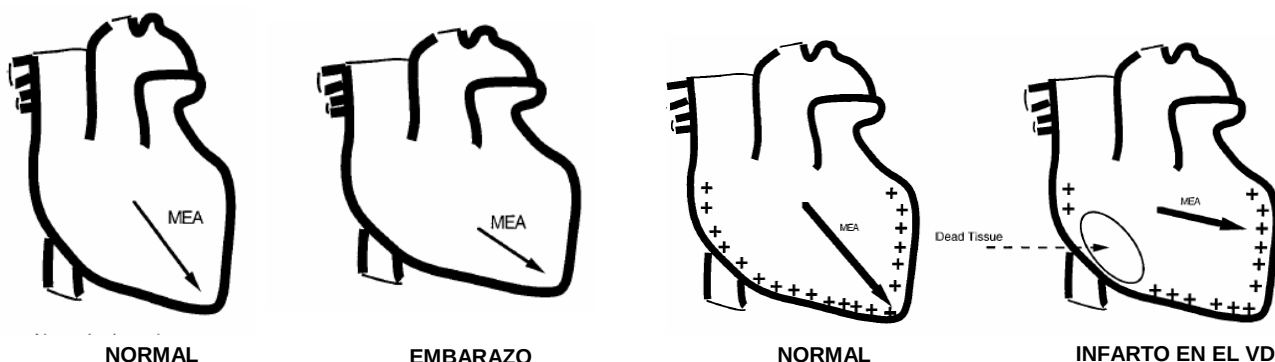
1. Identificar un ciclo cardiaco en cada una de las derivaciones del ECG de la página anterior.
2. Poner los nombres a las ondas en esos ciclos que habéis identificado.
3. Identifica 1 segundo.
4. Identifica 1 milivoltio (mV).
5. ¿Son normales la anchura y altura de las ondas?

IV- EJE ELÉCTRICO CARDIACO

Hemos visto que dependiendo de la derivación que observemos, las ondas P, complejos QRS y ondas T son distintos en un mismo individuo. Pero, **¿son los ECG iguales entre diferentes individuos?**, es decir, ¿son las ondas negativas en derivación aVR de todos los individuos y positivas en V₅? La respuesta es NO. ¿Por qué? Porque cada individuo tiene una anatomía diferente de otro, es decir, la disposición anatómica del corazón en la cavidad torácica y, dentro del corazón, la composición y distribución de sus diferentes tipos de células es distinta. Esto determina que cada individuo tenga diferente el EJE ELÉCTRICO CARDIACO, que es la dirección general de la despolarización que recorre el corazón y estimula las fibras, haciendo que se contraigan.

Este eje se determina mediante la suma de vectores de despolarización ventricular (que describimos antes) que dan lugar al complejo QRS, con origen en el nodo AV y se denomina vector QRS medio. El vector QRS medio más frecuente entre la población se dirige hacia abajo y a la izquierda, y con frecuencia se sitúa entre los $+30^\circ$ y $+60^\circ$ en el plano frontal según los ejes de las derivaciones de los miembros, y es el que se ha tomado de referencia para explicar el ECG normal. El valor normal del eje puede oscilar entre $+105^\circ$ a -30° , y con ello variará la forma de las ondas en cada derivación, considerándose una desviación del eje a la derecha $> +105^\circ$ y a la izquierda $< -30^\circ$. (MEA = Mean electrical axis).

Pero el eje eléctrico cardíaco también puede variar en el mismo individuo, por ejemplo situaciones de gran distensión abdominal, como el embarazo o la obesidad, provocan un desplazamiento a la izquierda del eje cardíaco (queda más horizontal). Y en el infarto de miocardio, donde el eje se desvía hacia el tejido sano.



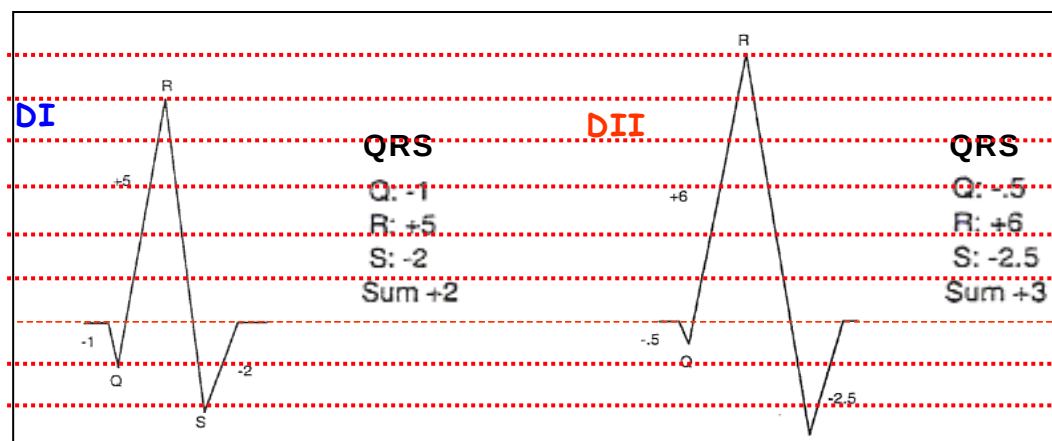
¿CÓMO SE CALCULA EL EJE ELÉCTRICO CARDIACO CON EL ECG?

El eje del QRS se determina usando el sistema de 6 ejes que se construye cuando colocamos las seis derivaciones del plano frontal (DI, DII, DIII, aVR, aVL y aVF) del ECG, alrededor del corazón, en sus posiciones y con sus polos positivos y negativos correspondientes.

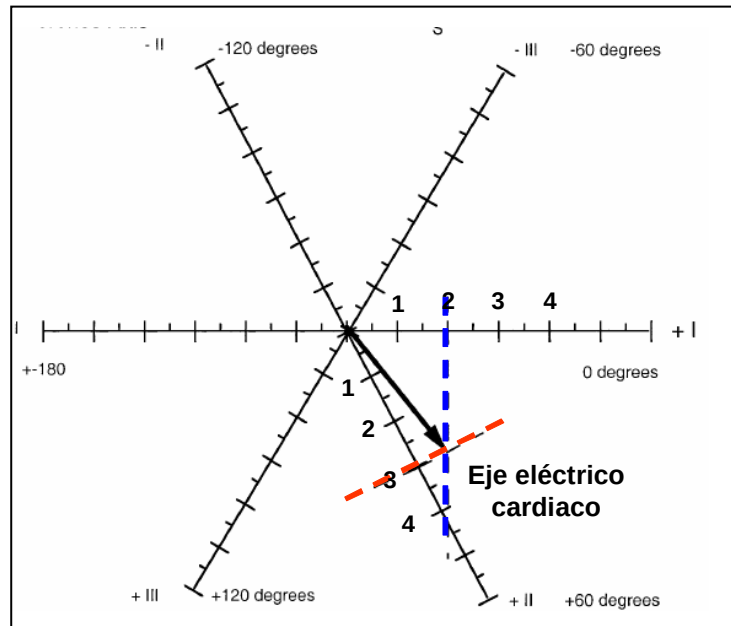
Hay varias formas de calcular el eje eléctrico cardíaco y aquí vamos a describir una de ellas por su sencillez:

Se escogen las derivaciones DI y DII y usando el papel milimetrado se calcula el valor de sus vector QRS sumando los milímetros de las ondas positivas y restando los milímetros de las ondas negativas. En la derivación DI la Q baja 1 mm, la R sube 5 mm y la S baja 2 mm, por tanto, se obtiene un total de $-1 + 5 - 2 = +2$.

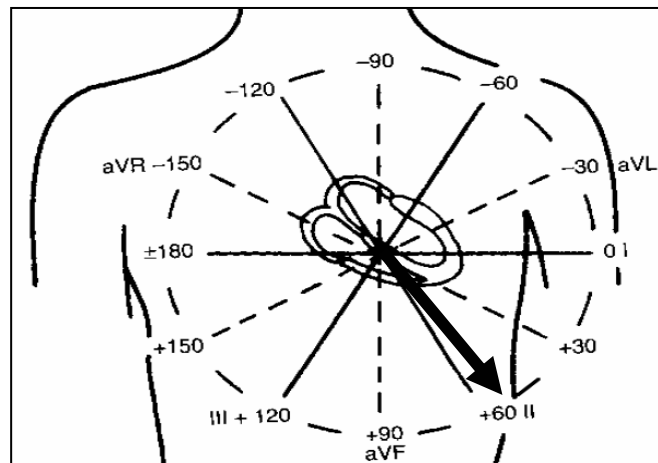
En la DII la Q baja 0,5 mm, la R sube 6 mm y la S baja 2,5 mm, por tanto, se obtiene un total de $-0,5 + 6 - 2,5 = +3$.



Para simplificar vamos a representar sólo los 3 ejes de las derivaciones bipolares que son las que vamos a usar. El valor del vector QRS en DI = +2 se cuenta en el eje de su derivación correspondiente y en él se traza una línea perpendicular (azul). Se repite lo mismo con la otra derivación (DII = +3) y se traza otra perpendicular a ese eje DII (rojo). Las dos líneas perpendiculares a los ejes se prolongan hasta que se cortan en un punto. El vector que resulta de la unión de los puntos, desde el centro del sistema de ejes hasta donde cortan ambas líneas perpendiculares es el eje eléctrico cardíaco.

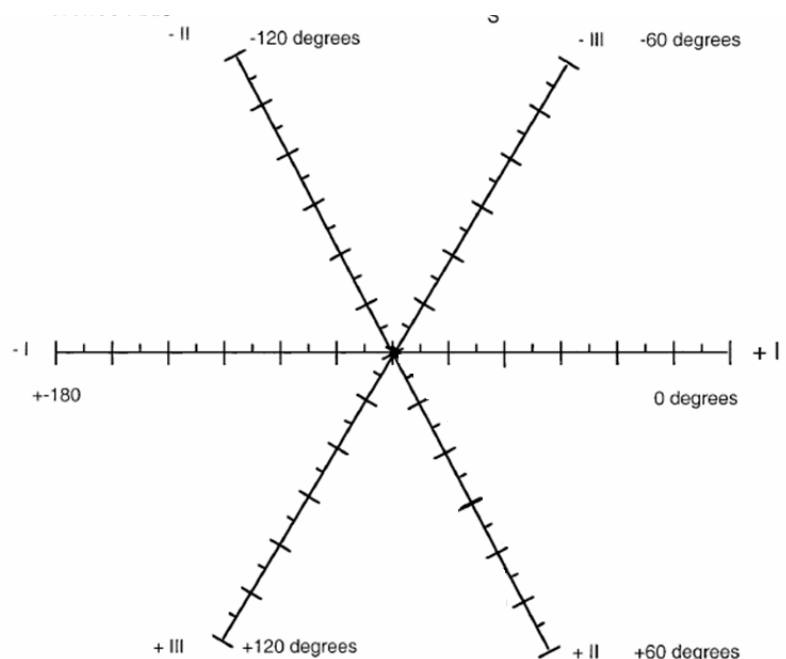
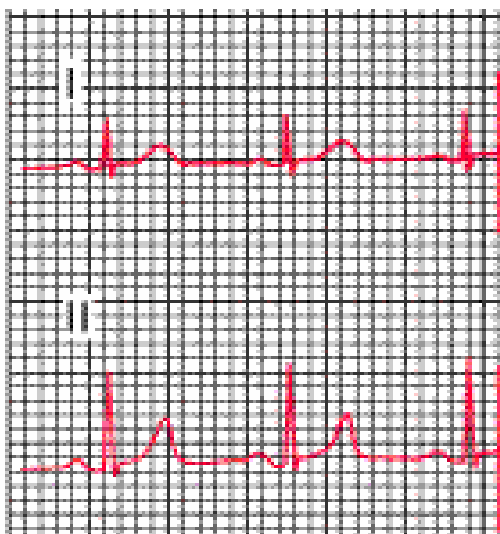


Evidentemente el sistema de 6 ejes nos dirá de forma más precisa entre qué grados se encuentra nuestro eje.



EJERCICIO DE COMPRENSIÓN

Determine el eje cardíaco del ECG cuyas derivaciones DI y DII se le facilitan abajo y calcule también el suyo usando el ECG cuando se lo haya realizado en prácticas o el de algún familiar.



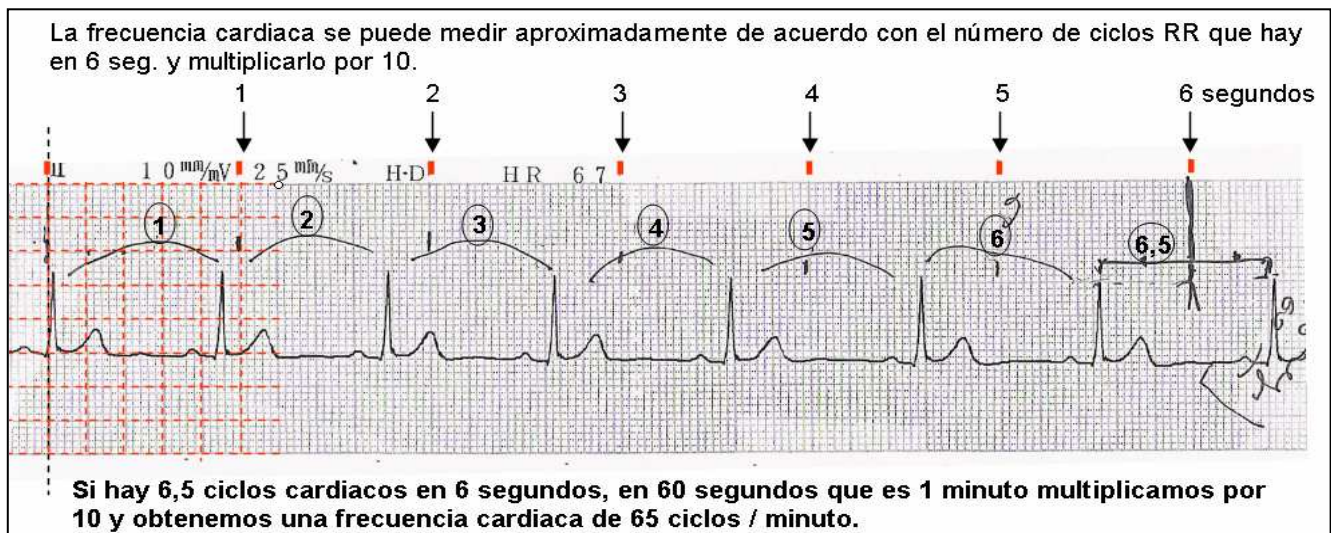
V- CÁLCULO DE LA FRECUENCIA CARDIACA EN EL ECG

La mayoría de electrocardiógrafos estiman la frecuencia cardiaca mientras se realiza el ECG, si bien el tiempo que en el modo automático se registra cada derivación es de 2 o 3 segundos, lo que resulta impreciso. **Por tanto, al finalizar el ECG en el modo automático, hemos de pasar al modo manual (pulsamos MANUAL), elegimos una derivación en la que se vea bien la onda R (normalmente DII o DIII). Después pulsamos start, run o print, dejamos transcurrir mínimo 6 segundos y paramos pulsando stop.** Si sólo queremos medir la frecuencia cardiaca no es necesario colocar las derivaciones precordiales, se usan sólo las derivaciones de los miembros.

Como dijimos en la primera página el registro del ECG estándar se realiza en papel milimetrado a una velocidad de 25 mm / seg (así 25 mm = 1 seg; 5 mm = 0,2 seg; y 1 mm = 0,04 seg); y calibrado de forma que 10 mm = 1 mV. Además, en algunos papeles milimetrados viene una marca roja cada 25 mm y están marcados más gruesos cuadrados de 5 en 5 mm (5 mm = 0,2 seg) para que resulte más fácil contar.

Una vez que tenemos los 6 o más segundos del registro ECG, localizamos el pico de la primera onda R que aparece (ese es mi tiempo cero segundos) y a partir de ella nos fijamos sólo en el papel milimetrado y contamos 6 segundos sabiendo que 25 mm es 1 segundo. Marcamos bien donde he empezado a contar y donde acaban los 6 segundos. Ahora ya nos podemos fijar de nuevo en las ondas. Dijimos que un ciclo cardiaco comienza en una onda P y acaba donde empieza la siguiente onda P (esto es lo real). Como es más sencillo para contar porque se ven mejor, asumimos que un ciclo va de un pico R al siguiente y así contamos los ciclos cardiacos que tengo en los 6 segundos que tengo marcados en el papel. Para no confundirnos podemos marcarlos como en la figura de abajo. De R a R, primer ciclo, de R a R, segundo ciclo, así hasta que cuento todos los ciclos que tengo en los 6 segundos. En este caso, he contado 6 ciclos completos y aproximadamente 0,5 ciclos más. Por tanto, sabiendo que 1 min son 60 seg. y mediante una simple regla de tres:

$$\begin{array}{l} \text{en 6 seg} \quad \text{-----} \quad 6,5 \text{ ciclos} \\ \text{en, 60 seg} \quad \text{-----} \quad X \end{array} \quad \left. \vphantom{\begin{array}{l} \text{en 6 seg} \\ \text{en, 60 seg} \end{array}} \right\} \begin{array}{l} 6 \times X = 6,5 \times 60 \\ \text{Despejamos la} \quad X = 6,5 \times 60 / 6 = 6,5 \times 10 = 65 \text{ ciclos por minuto.} \end{array}$$



Hay varias formas de calcular la frecuencia cardiaca pero hemos considerado más sencilla la expuesta anteriormente. Por ejemplo: Otra forma de calcular la frecuencia cardiaca es dividir 300 entre el número de las unidades de tiempo mayores (0,20 s = 5 mm) comprendidas entre dos ondas R consecutivas. En este caso observo que entre la 1ª y la 2ª R hay 4,5 cuadrados de 5 mm. Por lo tanto, $300 / 4,5 = 66,66$ que se aproxima a 67 ciclos / minuto, que es similar al resultado obtenido con el otro método. De cualquier modo la base es siempre la misma, la velocidad del papel milimetrado. ¿Sabrías explicar la base de este segundo método?

¿CUÁL ES LA FRECUENCIA CARDIACA NORMAL?

Oscila entre 60 y 100 ciclos cardiacos / minuto (< 60 es bradicardia y > 100 es taquicardia). Las unidades correctas son ciclos / minuto si se calcula en el ECG; latidos / minuto por auscultación (fonendoscopia); y pulsaciones / minuto si hemos tomado el pulso. Según el método de medida así son las unidades correctas.

EJERCICIO DE COMPRENSIÓN

Calcule la frecuencia cardiaca de este ECG usando los dos métodos expuestos.



VI- ¿CÓMO SÉ SI EL ECG ES NORMAL – QUÉ TENGO QUE MIRAR?

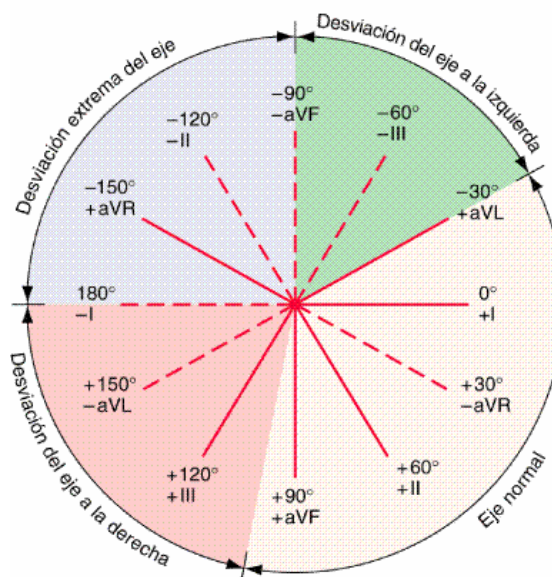
1- Mirar el ECG en conjunto, colocándolo bien, en orden, empezando por la primera derivación cuyas siglas imprime automáticamente el electrocardiógrafo (DI o I), y así vemos que están todas sucesivamente DII o II, DIII o III, aVR, aVL, aVF, V₁, V₂, V₃, V₄, V₅, V₆. De esa forma no lo colocará al revés.

2- Luego localizamos las ondas P, QRS y T en las derivaciones sobre el ECG. Veremos fácilmente el complejo QRS porque sus ondas son picudas, sobre todo la "R". La onda P es pequeña y redondeada y está antes del QRS. La onda T es más grande que la P y está después del complejo QRS. Por orden, como antes, hacemos esto con todas las derivaciones. Aquí identificamos 1 ciclo cardíaco en cada derivación y le ponemos los nombres a las ondas según hemos explicado y responderemos de paso a uno de los ejercicios.

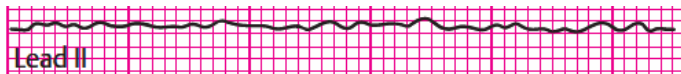
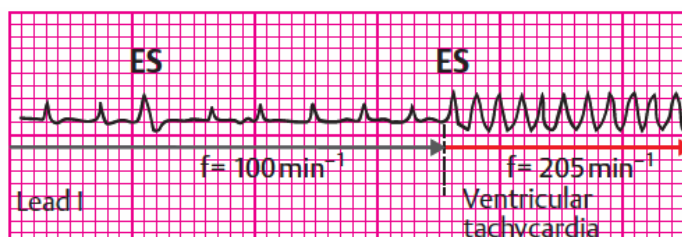
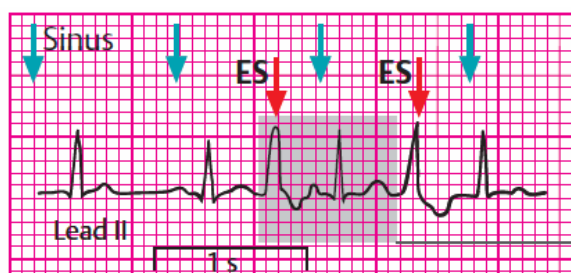
3- Analizaremos el ritmo cardíaco. El ritmo nos indica qué estructura comanda la actividad eléctrica del corazón. El ritmo cardíaco puede ser **sinusal** (se inicia en el nódulo sinoauricular) o **ectópico**. **El ritmo normal es sinusal**, es decir que el nódulo sinusal está actuando como marcapasos del corazón. Las características del ritmo sinusal son:

- Se ve una onda P antes de cada complejo QRS en la mayoría de las derivaciones.
- La onda P va seguida de un complejo QRS (intervalo PR normal $\geq 0,12$ seg. en el adulto).
- La onda P debe ser positiva en DII y negativa en aVR, teniendo en cuenta un eje eléctrico cardíaco normal.
- La frecuencia cardíaca del ritmo sinusal normal debe estar entre: 60 - 100 ciclos / minuto (< 60 es **bradicardia** y > 100 es **taquicardia**).
- La distancia entre R y R de los ciclos cardíacos debe ser regular (variación menor del 15%). Si se sobrepasa esta variación normal se tratará de una **arritmia**. En la arritmia respiratoria o fisiológica, la frecuencia cardíaca aumenta durante la inspiración y disminuye con la espiración debido al predominio simpático y parasimpático durante estos movimientos, respectivamente. Aunque se llama arritmia también se llama fisiológica porque la variación entre los intervalos RR de los diferentes ciclos cardíacos no sobrepasa el 15 %.

4- Determinaremos el eje cardíaco en el plano frontal y veremos si está dentro de los rangos normales o si hay desviación del eje a la izquierda



5- Finalmente nos fijamos en la morfología del trazado para lo cual tenemos los valores normales de las ondas en la 1ª página. En concreto nos fijamos en ondas excesivamente anchas (tardan más tiempo) y/o altas (de mayor voltaje) o viceversa, ondas P o T con formas raras muy diferentes a las que hemos descrito, en la aparición de complejos QRS diferentes entre varios normales. También podemos comparar nuestro ECG con los de nuestros compañeros sin olvidar que nuestros ejes eléctricos pueden ser distintos. Los ECG que hemos visto hasta ahora son normales y aquí se muestran ejemplos de ECG con alteraciones. A la izquierda, extrasístoles ventriculares; a la derecha arriba, una taquicardia ventricular y debajo, una fibrilación ventricular.



VII- CONSIDERACIONES A TENER EN CUENTA

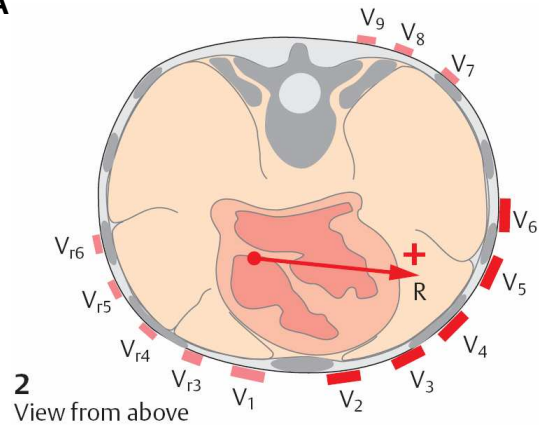
Dependiendo de la situación clínica puede estar indicado el registro de derivaciones adicionales:

Derivaciones posteriores: V₇-V₉. Todas siguiendo el 5º espacio intercostal izquierdo, V₇ en la línea axilar posterior; V₈ debajo del ángulo del omoplato izquierdo; y V₉ en la línea paravertebral.

Derivaciones derechas (Vr3 a Vr9). En el lado derecho del tórax, en la posición correspondiente a sus equivalentes del lado izquierdo.

Otras derivaciones.

Si desea ampliar sus conocimientos ver: [Registro del electrocardiograma](#).



En una persona con un miembro amputado las derivaciones de los miembros se colocarán en la zona más distal de ese miembro.

El marcapasos no es una contraindicación para realizar un ECG. El ECG recibe y registra estímulos, y no los aplica. Con toda probabilidad la despolarización iniciada por el marcapasos producirá una señal en el registro cuya localización respecto a las ondas va a depender del tipo de marcapasos que lleve el paciente.

En líneas generales y considerando un eje normal 30º - 60º:

Las derivaciones que se encuentran a la derecha como aVR, V₁ y DIII, ven los fenómenos eléctricos alejarse por lo que registran ondas negativas (por debajo de la línea isoeletrica). Normalmente "P" y "T" también son negativas.

Las derivaciones que se encuentran más a la izquierda, como aVL, V₅, V₆ y DI, registran ondas positivas en el complejo QRS y en las ondas P y T.

Las derivaciones más mediales (aVF, V₃, V₄ y DII) se caracterizan por tener complejos QRS bifásicos (de amplitud similar por arriba y por debajo de la línea isoeletrica).

En cuanto a la morfología del trazado, pueden aparecer artefactos que no son alteraciones, simplemente porque los electrodos no están bien ajustados (están mal puestos o se han despegado). Aparecen de forma aleatoria en el trazado, no son constantes ni en la forma ni en el tiempo de aparición, y en ocasiones son demasiado extrañas. Nos fijamos en qué derivación está sucediendo para localizar el electrodo que está funcionando mal, revisamos la toma de tierra, e incluso volvemos a colocar de nuevo los electrodos repitiendo el procedimiento.

Si desea ampliar sus conocimientos ver: [El Electrocardiograma](#). [Artefactos](#). Páginas 34 y 35.



Trazado extraño e irregular