

Experimento de Laboratorio D-7

EL ELECTROCARDIOGRAMA EN REPOSO DE 12 DERIVACIONES

Términos Claves	Objetivos
• Electrocardiografía • Electrocardiograma • Electrocardiógrafo • Electrodo • Onda P • Complejo QRS • Onda T • Onda U • Unión J • Segmento S-T • Nódulo Seno-Auricular • Nodo auriculoventricular • Fibras de Purkinje • Despolarización • Repolarización • Milivoltios • Derivaciones de las extremidades • Derivaciones precordiales	Al finalizar este capítulo, ustedes estarán capacitados para: • Definir electrocardiografía. • Describir el paso de la corriente eléctrica en el sistema de conducción del corazón. • Identificar las ondas, segmentos y uniones del electrocardiograma. • Mencionar las diferentes clasificaciones de las arritmias cardíacas. • Determinar la frecuencia cardíaca y la amplitud a partir de un trazo electrocardiográfico. • Identificar las diferentes derivaciones del electrocardiograma.

Teoría del Laboratorio:

Referencia:	Wilmore, J. H., & Costill, D. L. (2004). <i>Fisiología del Esfuerzo y del Deporte</i> (5ta. ed.). Barcelona, España: Editorial Paidotribo. 715 pp.	
Capítulos:	7: Control Cardiovascular durante el Ejercicio	pp.: 213-215
	19: Programación de Ejercicios para la Salud y el Fitness	pp.: 613-616

INTRODUCCIÓN

La **electrocardiografía** es el método utilizado a fin de evaluar la capacidad funcional del corazón para transmitir sus impulsos eléctricos. El **electrocardiograma** es el papel o trazo electrocardiográfico en forma cuadrículada, en el cual se registran los impulsos eléctricos cardíacos. La abreviación más común de electrocardiograma es **EKG**, la cual se deriva de la palabra Alemana **Elektrokardiograma**. La máquina electrocardiográfica o **electrocardiógrafo** está diseñada únicamente para mostrar la dirección y magnitud de la corriente eléctrica producida por el corazón. Por otro lado, el estudio electrocardiográfico se interesa principalmente en la dirección de la corriente

eléctrica del corazón. Cuando un impulso cardíaco viaja por las fibras musculares, se genera una corriente eléctrica mediante un flujo de iones que se propaga dentro de los líquidos que rodean el corazón, extendiéndose una pequeña cantidad de dicho flujo eléctrico hacia la superficie de la piel. Con la colocación de **electrodos** sobre la piel en dirección al corazón o cerca de éste y la conexión de estos electrodos a la máquina de EKG, se puede registrar y estudiar el impulso generado durante cada latido del corazón. El electrocardiograma normal posee seis ondas o deflexiones (véase Figura **LD-7:1**), las cuales se designan por las letras **P, Q, R, S, T** y **U**. La **onda P** es la primera deflexión que representa la propagación del flujo eléctrico en ambas aurículas y la contracción de éstas (la cual ocurre un poco después). Dicha contracción auricular se origina por estimulación del **nódulo seno-auricular** (véase Figura **LD-7:2**) o **nodo S.A.** Las ondas **Q, R, y S**, conocido como el **complejo QRS**, representan el impulso eléctrico que se aleja del **nodo auriculoventricular (A.V.)** y pasa a las **fibras de Purkinje** y a las células musculares del corazón (véase Figura **LD-7:2**), causando (luego de una fracción de segundo del comienzo de la onda R) la contracción de los ventrículos. La **onda T** se registra mientras los ventrículos se encuentran relajados. Tal deflexión representa la repolarización eléctrica o retorno del músculo ventricular a un estado eléctrico neutral. Finalmente, la **onda U** es la deflexión (por lo general positiva, es decir, hacia arriba) que se ve después de la onda T pero precede a la siguiente onda P. Se piensa que se debe a la **repolarización** del sistema de conducción intraventricular (fibras terminales de Purkinje).

El electrocardiograma se compone también de **intervalos** (espacios entre las ondas que se miden desde el extremo inicial de la primera onda), **segmentos** (espacios en líneas rectas entre ondas que se miden desde el extremo final de la primera onda) y **uniones** (véase Figura **LD-7:1**). El **intervalo P-R** comprende el periodo entre el principio de la onda P y la iniciación del complejo QRS; representa el tiempo que tarda el impulso original en pasar del nodo AV, llegar a los ventrículos; su valor normal es de 0.12 a 0.20 segundos. El **intervalo Q-T** se mide desde el inicio de la onda Q hasta el final de la onda T y representa la duración de la sístole eléctrica. El **segmento P-R** es la parte del trazo electrocardiográfico que va desde el final de la onda P al inicio del complejo QRS. Normalmente es isoelectrico (línea horizontal producida en la ausencia de actividad eléctrica). El **segmento S-T** es la parte del trazado que describe el periodo comprendido entre el fin de la despolarización (flujo de contracción de las células musculares) y el principio de la repolarización (recuperación) de los músculos ventriculares. Este segmento suele ser isoelectrico pero puede variar de -0.5 a +2 mm en las derivaciones precordiales. La **unión J** es el punto en que termina el complejo QRS y empieza el segmento S-T. El **voltaje** (o amplitud) y duración (o tiempo) de dichas ondas, intervalos y segmentos pueden medirse directamente en el electrocardiograma (véase Figuras **LD-7:3** y **LD-7:4**). Dicho papel de EKG presenta un cuadrículado, donde las divisiones pequeñas representan cuadrados de 1 milímetro (mm). El voltaje (altura o profundidad, utilizando como referencia la línea de base) se mide en **milivoltios (mV)**, representando 0.5 mV cada quinta línea delgada (entre dos líneas gruesas) en sentido vertical. La duración se determina en segundos, representando cada división pequeña (medida horizontalmente entre dos líneas finas) 0.04 seg y cinco cuadrados pequeños (medida horizontal entre dos líneas gruesas) 0.20 seg.

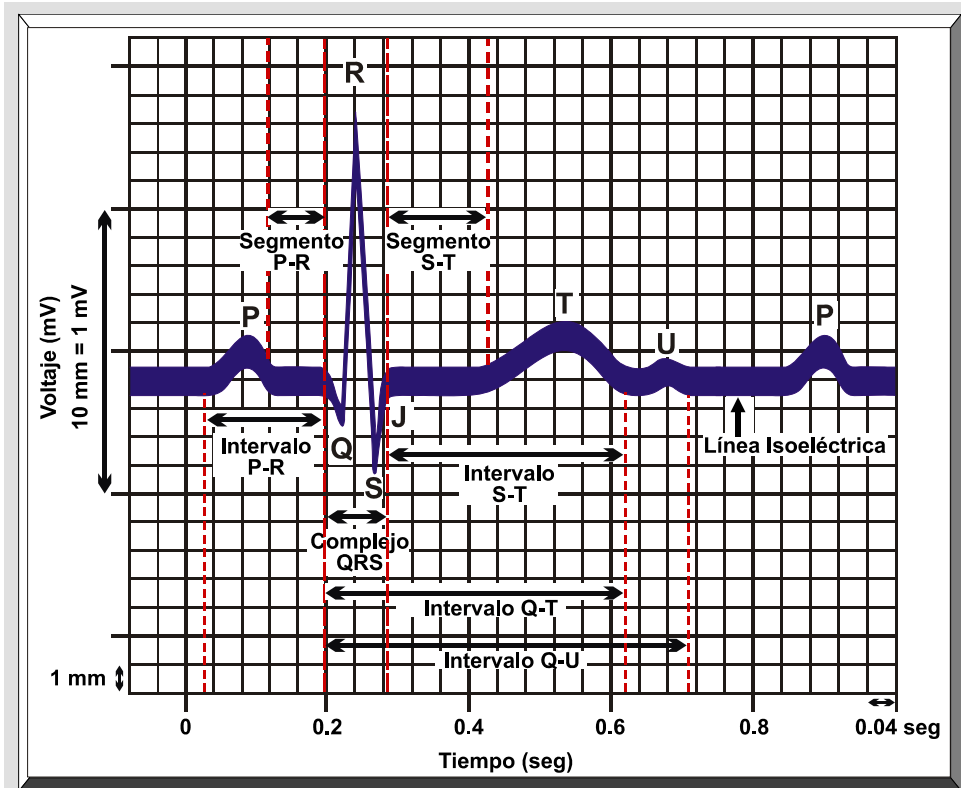


Figura LD-7:1: **Componentes de un Electrocardiograma.** Diagrama de los complejos, intervalos y segmento electrocardiográficos.

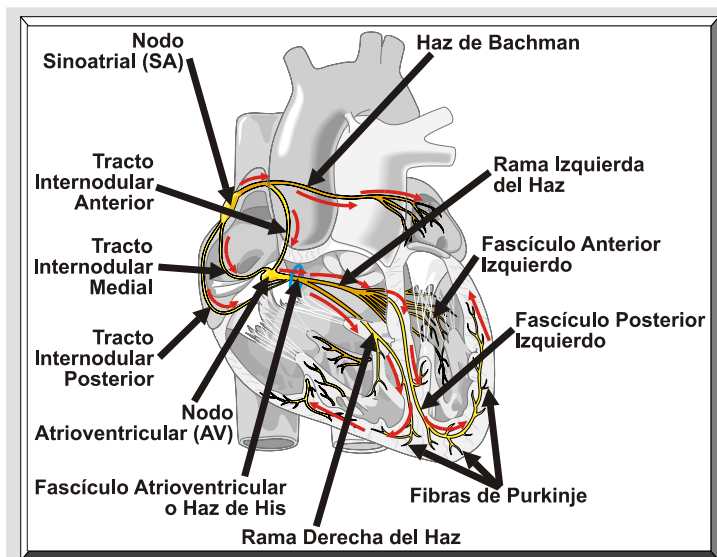


Figura LD-7:2: **Sistema de Conducción del Corazón.** Esta figura ilustra las vías para transmisión nerviosa en el corazón.

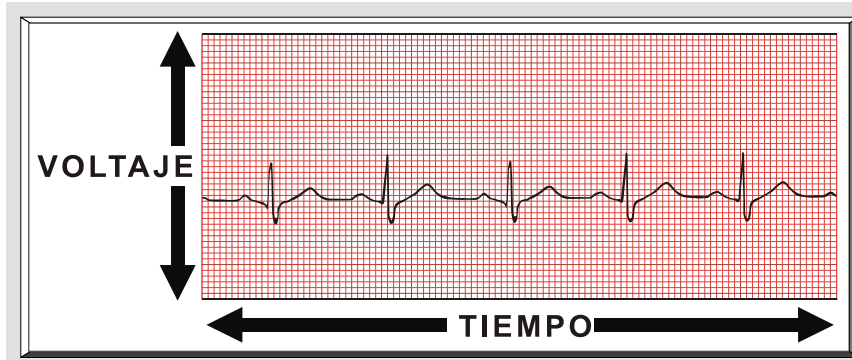


Figura LD-7:3: **Relación entre Tiempo y Voltaje en el Papel de EKG.** El voltaje, en milivoltios (mV), es una medida de la amplitud vertical de las ondas en el electrocardiograma, mientras que el tiempo (segundos) se determina en el eje horizontal del trazo de EKG.

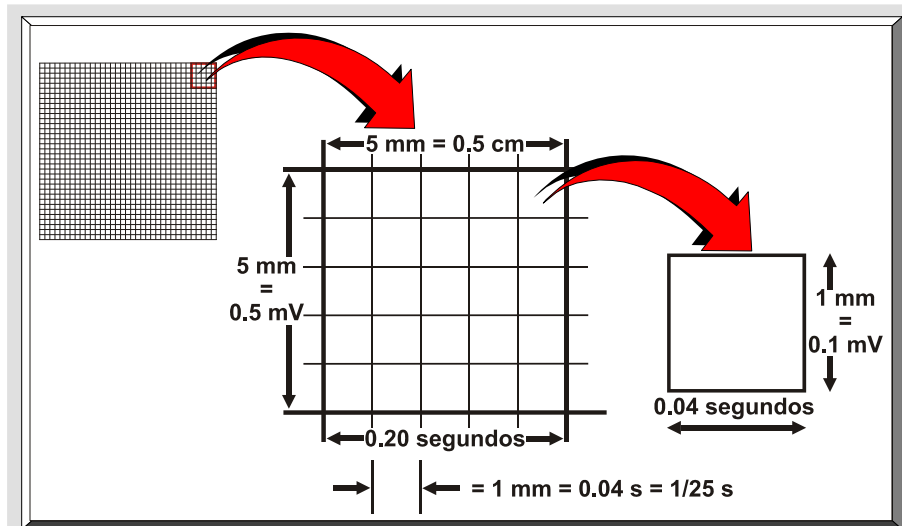


Figura LD-7:4: **Marcas de Voltaje y Tiempo en el Papel de EKG.** Esta figura muestra los valores de voltaje y tiempo en el trazo electrocardiográfico.

PROPÓSITOS

1. Familiarizar al estudiante con el uso, operación y calibración de la máquina electrocardiográfica ("**Burdick EK-8 Electrocardiograph**").
2. Demostrar al estudiante los diferentes métodos para determinar la frecuencia cardíaca:
 - a. 6 electrodos precordiales de chupones.
 - b. 4 electrodos metálicos para las derivaciones de las extremidades, 4 amarraderas de caucho.
 - c. Electrodos de parcho (electrodos de superficie).

MATERIALES Y EQUIPO

1. Máquina electrocardiográfica ("EK-8 Electrocardiograph")
2. Electrodo:
3. Cable del electrocardiógrafo para la conexión del sistema de derivaciones.
4. Razuradora.
5. Alcohol 70% liposoluble (en botellas plásticas o en toallitas) o acetona de grado reactivo en botella de cristal. Para los electrodos de parcho, alcohol 99% isopropanol.
6. Gazas o algodones.
7. Tela o papel de esmeríl (similar a la lija) o cualquier tela o papel que pueda ocasionar una abrasión dérmica (sobre la piel).
8. Pasta o crema de electrodos.
9. Crema lanolina.
10. Calibradores ("*EKG Calipers*") y regla ("*EKG Ruler*").
11. Almoada.
12. Camilla, cama pequeña o mesa bien acojinada.
13. Hojas de registro, lápices, sacapuntas y tabloides para fijar los papeles.

PROCEDIMIENTO

Medidas Preparatorias

1. Prepara el laboratorio para el sujeto:
 - a. Saca y organiza los materiales a ser utilizados:

Coteja que posees gaza, algodones, toallitas de alcohol o acetona, papel de abrasión o telas de esmeril, gelatina de electrodos, navajas de razurar, electrodos, cable de electrodos, reglas de EKG y calibradores.
 - b. Coteja si hay suficiente papel de EKG en la máquina y/o asegurate que el papel de EKG se encuentra apropiadamente colocado. Para colocar el papel de EKG en la máquina "Burdick EK-8", siga las instrucciones a continuación (véase Figura LD-7:5):
 - 1) Levanta la platina hasta su posición mas elevada y saca la canilla vacía.

- 2) Sujeta el extremo del papel-y empuja el rollo hacia abajo, dentro del asidero del papel.
- 3) Cierra la platina sobre el nuevo rollo de papel. Asegurate que el estilete (brazo de escribir del electrocardiógrafo) se encuentre visible y el papel está derecho en el asidero.

1 Levanta la platina hasta su posición más elevada y saca la canilla vacía.



2 Sujeta el extremo del papel y empuja el rollo hacia abajo, dentro del asidero del papel.



3 Cierra la platina sobre el nuevo rollo de papel. Asegúrate que el estilete se encuentre visible y el papel está derecho en el asidero.

Figura LD-7:5: Instrucciones para colocar el Papel en la Máquina Burdick EK-8. Aquí se ilustra los pasos a seguir para insertar el papel de EKG en el electrocardiógrafo.

c. Prepara el equipo (primera vez que se opera):

- 1) Coloca el interruptor para seleccionar la derivación ("**lead selector swith**") en "**STD**".
- 2) Coloca el interruptor de "**SENSITIVITY**" (**SENSITIVIDAD**), ubicado. frente al panel de la máquina, en "**X1**"
- 3) Coloca el interruptor "**FREQ RESP**" (**RESPUESTA DE LA FRECUENCIA**), ubicado frente al panel de la máquina, en la posición "AHA" ("American Heart Association").
- 4) Conecta el cable de potencia al EK-8 y en el enchufe de la pared.
- 5) Coloque el interruptor de "**POWER**" (**POTENCIA**) en "**ON**" (**ENCENDIDO**) para activar la potencia de la máquina. Debe iluminarse la lampara donde corre el papel de EKG.
- 6) Gira el control de la posición del estilete ("**STYLUS**").

E1 estilete debe moverse suavemente desde la parte superior a la inferior del papel, deteniendose cerca de las líneas gruesas en los márgenes superiores e inferiores del papel de EKG. Si el estilete recorre más allá de los bordes del papel o no cubre todo el ancho de la gráfica cuadrículada del papel, se debe referir a la Sección IV del Manual del Operador del "EK-8 Electrocardiograph", página 26: "**UPPER LIMIT CONTROL**" & "**LOWER LIMIT CONTROL**".

7) Gira la posición del estilete hacia el centro y manténgala en dicho lugar:

a) Deprime el interruptor pulsador "**RECORD**" (**REGISTRO**):

E1 papel debe moverse y el estilete deberá trazar una línea gruesa. Si dicha línea aparece muy clara, gira el control de "**STYLUS HEAT**" (**CALOR DEL ESTILETE**) en dirección de las manecillas del reloj hasta que la línea se observe gruesa. Deprime momentáneamente el interruptor pulsador de calibración ("**STD**") y observa el trazo. Cuando el calor del estilete se encuentre ajustado apropiadamente, la elevación y bajada vertical del estilete debe ocasionar un trazo claro, pero visible en el registro.

8) Calibración:

Momentáneamente deprime el interruptor pulsador "STD. Habrá una adecuada calibración cuando el estilete se mueva 1 cm de altura (dos cuadrados grandes o 10 cuadrados pequeños). La Figura **LD-7:6** muestra una calibración correcta. Si la deflexión es mayor o menor de 1 cm de altura, refiérase a la sección IV ("**MAINTENANCE**") del Manual del operador del "**EK-8 Electrocardiograph**", página 25: "**INTERNAL ADJUSTMENTS**". Observa con cuidado el extremo

izquierdo superior del pulso de calibración. Debe parecerse lo mas posible al pulso de calibración que muestra la Figura LD-7:6; el pulso de calibración debe verse cuadrado en sus esquinas. Si el pulso que produce tu EK-8 asemeja un pulso de calibración "**underdamped**" (un sobregistro que se observa en el movimiento hacia arriba y hacia abajo de la señal -véase Figura LD-7:7) o un pulso de calibración "**overdamped**" (forma un "hombro" en el registro del extremo izquierdo superior y una curva en el registro descendente del extremo derecho - véase Figura LD-7:8), lo más seguro es que se deba a un mal ajuste en el control de "**damping**". Refiérase a la sección de mantenimiento del Manual del Operador del "EK-8 Electrocardiograph".

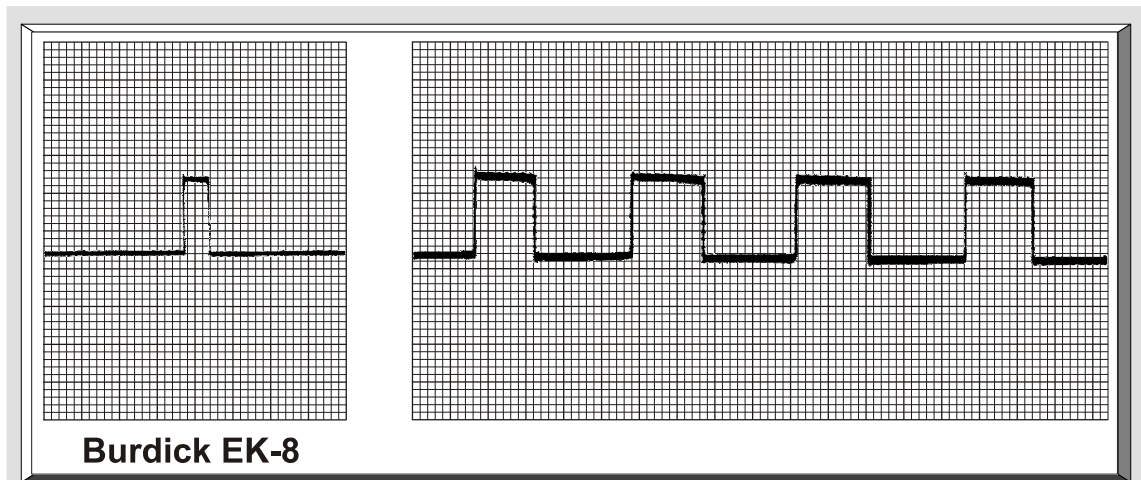


Figura LD-7:6: **Pulso de Calibración (STD) Correcto.** Esta figura muestra la apropiada calibración de la máquina.

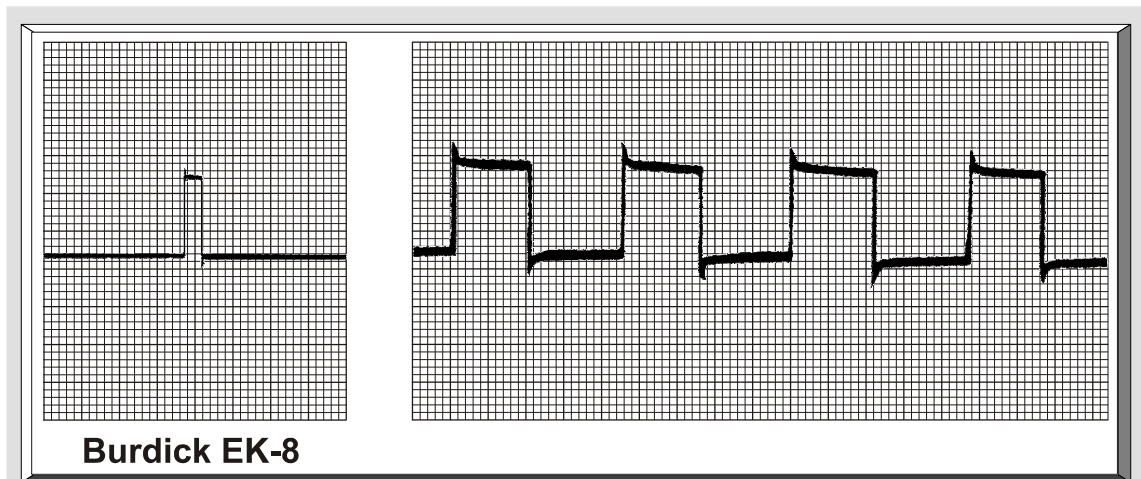


Figura LD-7:7: **Pulso de Calibración (STD) "Underdamped".** Esta ilustración muestra un pulso de la calibración incorrecto, del tipo "underdamped".

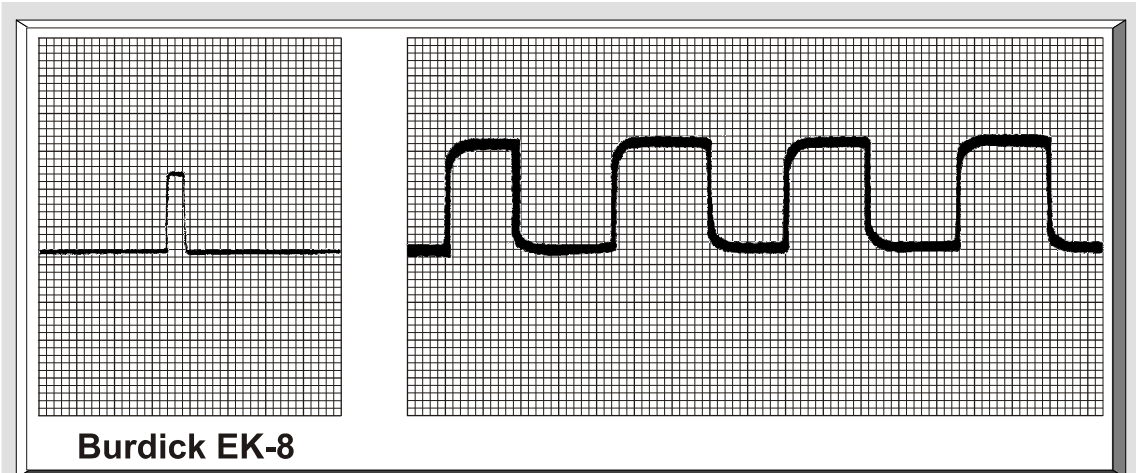


Figura LD-7:8: Pulso de Calibración (STD) "Overdamped". Aquí se ilustra otra calibración incorrecta del electrocardiógrafo, en este caso, de tipo "overrdamped" o en forma de "hombro".

- 9) Determinación de la decadencia progresiva de la **duración constante** ("time constant") de la máquina de EKG (véase Figura LD-7:9). Esto no aplica para la máquina EK-8 de la Burdick:
- a) **Concepto:** Es el tiempo que toma el estilete descender 36.6 por ciento de su altura original de 10 mm cuando el interruptor pulsador de calibración ("STD") se mantiene deprimido.
 - b) **Procedimiento:** La velocidad del papel debe estar a 25 mm por segundo. Deprime el interruptor pulsador "STD" durante 16 divisiones grandes. En una adecuada duración constante (3.2 segundos), el estilete desciende de su altura original de 10 mm hacia no menos de 3 mm sobre la línea basal, es decir, no debe decaer 2 mm sobre la línea basal (véase Figura LD-7:9).

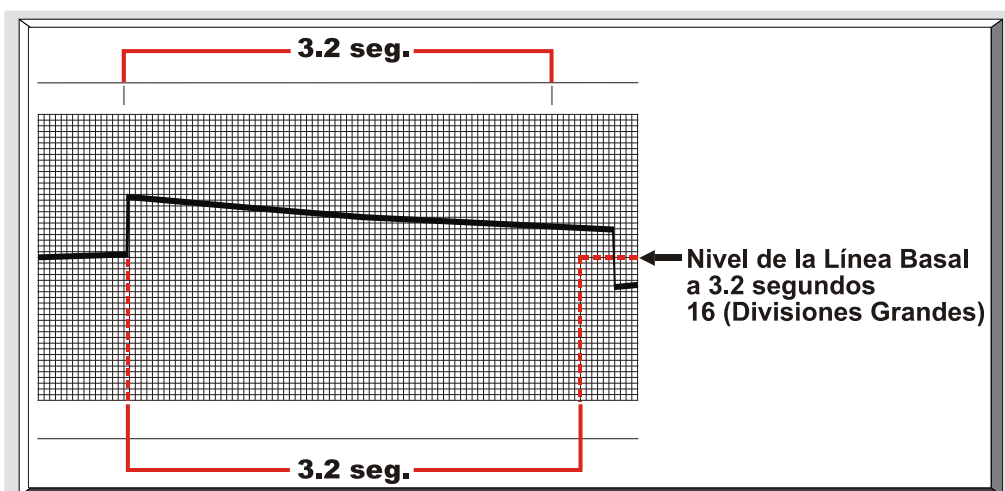
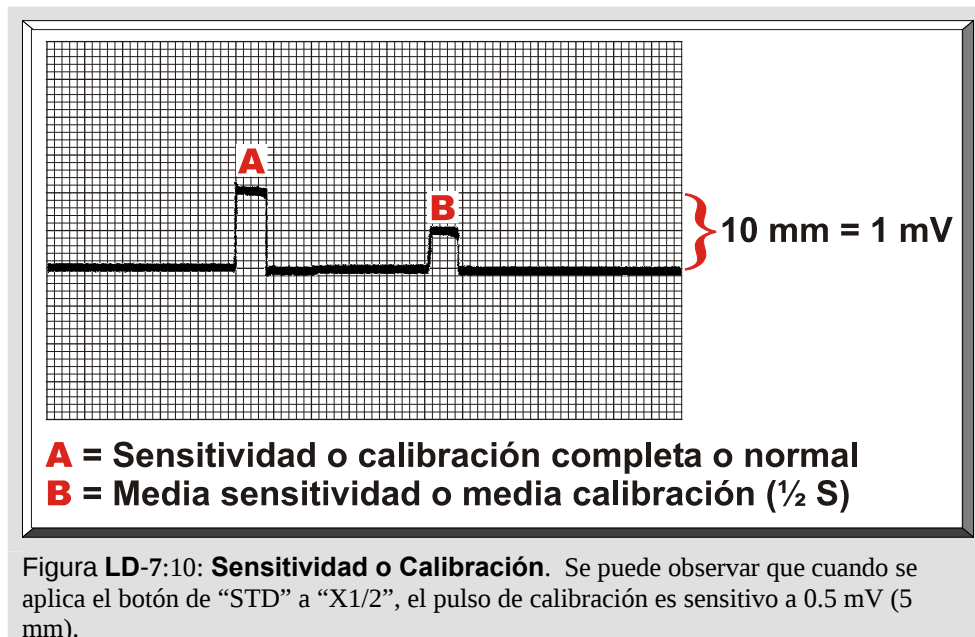


Figura LD-7:9: Adecuada Duración Constante. En esta figura se muestra la duración continua requerida para la velocidad del papel de EKG, es decir 3.2 segundos.

10) Coloca el interruptor de "***SENSITIVITY***" (***SENSITIVIDAD***) en "***X1/2***":

Deprime el interruptor pulsador "***STD***". Observa que el pulso de calibración se encuentra ahora solo $\frac{1}{2}$ cm de altura, es decir, un cuadrado grande o cinco cuadrados pequeños. Esta posición puede ser utilizada para registrar un complejo EKG infrecuentemente alto que se extiende mas allá de los límites de la gráfica del papel de EKG (véase Figura **LD-7:10**).



11) Coloca el interruptor de "***SENSITIVITY***" (***SENSITIVIDAD***) en "***X2***":

Deprime el interruptor pulsador "***STD***". Observa que el pulso de calibración se mueve ahora 2 cm, es decir cuatro cuadrados grandes o 20 cuadrados pequeños. Esta posición puede ser utilizada para complejos EKG extremadamente pequeños, de manera que sean leíbles.

12) Deprime el interruptor pulsador "***MARK***":

El brazo de escribir de la máquina EKG (estilete) producirá en el margen superior del papel una marca continua durante el tiempo en que se mantenga deprimido dicho interruptor. Si el interruptor para seleccionar la derivación ("***lead selector switch***") se encuentra en una de las derivaciones, automáticamente el estilete colocará una marca en intervalos de 1 segundo sobre el margen superior del papel de EKG (véase Tabla **LD-7:1**).

Tabla LD-7:1. Márcas de las Derivaciones Colocadas en el Margen Superior del Papel de EKG.

Derivaciones Estándar de las Extremidades		Derivaciones Unipolares de las Extremidades		Derivaciones Precordiales	
Código de la Derivación	Derivación	Código de la Derivación	Derivación	Código de la Derivación	Derivación
•	Derivación 1	• • • •	aVR	— •	V ₁
• •	Derivación 2	• • • • •	aVL	— • •	V ₂
• • •	Derivación 3	• • • • • •	aVF	— • • •	V ₃
				— • • • •	V ₄
				— • • • • •	V ₅
				— • • • • • •	V ₆

NOTA. Adaptado de: *Operator's Manual: EK-8 Electrocardiograph*. (p. 15), The Burdick Corporation, 1984, Wisconsin: The Burdick Corporation. Copyright 1984 por The Burdick Corporation.

12) Deprime el interruptor pulsador "**OBSERVE**" y note que el papel deja de correr.

d. Localización del electrocardiógrafo (véase Figura LD-7:11):

Ubica la máquina de EKG y al sujeto lo mas lejos posible de los cables de equipos en los alrededores; cablería de la oficina u hogar y de cualquier otra fuente de interferencia eléctrica

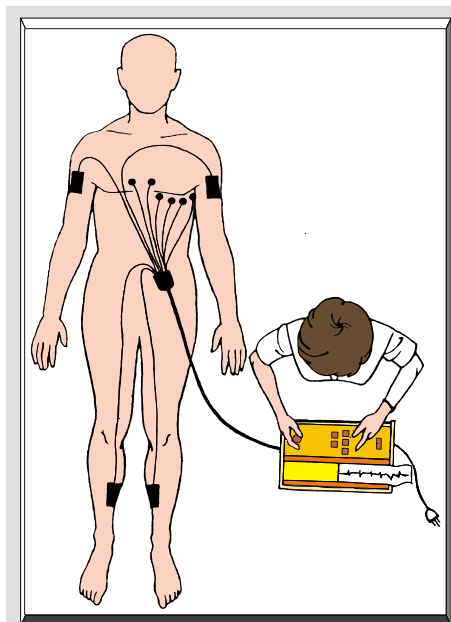


Figura LD-7:11: **Localización del Electrocardiógrafo.** Es important que el sujeto próximo al examinadoe, en posición supina.

2. Preparación del sujeto:

- a. Es importante lavarse las manos antes y después de trabajar con el sujeto.
- b. Oriente al sujeto sobre el procedimiento:
- c. Evitando el nerviosismo e incomodidad del sujeto:
 - 1) Instruye al sujeto que su cooperación ayudará en la producción de un registro diagnóstico valioso.
 - 2) Asegura al sujeto que no existe ningún peligro ni dolor envuelto.
 - 3) El sujeto debe estar física y mentalmente relajado.
 - 4) El sujeto debe estar colocado cómodamente en una camilla, cama pequeña o mesa bien acojinada lo suficientemente grande para apoyar ambos brazos y piernas y que permita una compleja relajación.
 - 5) Protegiendo al sujeto del frío, corrientes de aire y de otros factores que lo pueden hacer a él/ella incómodo es-también de importancia. Exponga solamente el pecho y brazos del sujeto y mantenga su abdomen y muslos cubiertos adecuadamente y en un cuarto con temperatura agradable.
- d. Posición correcta del cuerpo de el sujeto (véase Figura **LD-7:11**):
 - 1) Posición supina ("boca arriba") para registros de EKG normales.
 - 2) Si el sujeto no puede recostarse en forma plana, el registro debe llevarse a cabo en la posición mas baja del pecho de el sujeto en la cual éste se encuentre cómodamente. Sí se realiza de esta manera, se debe hacer una anotación sobre esto.
- d. Aplicación de los electrodos:
 - 1) Los electrodos o sensores ("**SENSORS**") de las extremidades:
 - a) Limpieza y mantenimiento:

Los sensores deben lavarse después de cada uso y ser restregados frecuentemente con un limpiador de la cosina. Nunca utilice una esponja metálica para limpiar los electrodos. Debido a que la pasta para los electrodos es corrosiva, se requiere removerse los relojes, sortijas o cualquier otra prenda que pueda estar en contacto con la pasta.

b) Procedimientos para la aplicación de los sensores:

Descubra los brazos y piernas; también exponga el pecho (si se van a tomar las derivaciones precordiales). Conecta las amarraderas de caucho en las espigas de los electrodos (véase Figura LD-7:12).

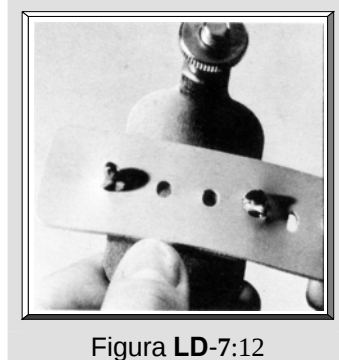


Figura LD-7:12

A1 utilizar la pasta (electrolito, gelatina o crema), extrae una pequeña cantidad (la que se ilustra en la Figura LD-7:13) y esparsa uniformemente dicha pasta sobre la superficie del sensor. Siempre aplica la misma cantidad de electrolito sobre cada sensor. La función de la pasta es reducir la resistencia de la piel y asegurar un mejor contacto eléctrico entre la piel y el electrodo.

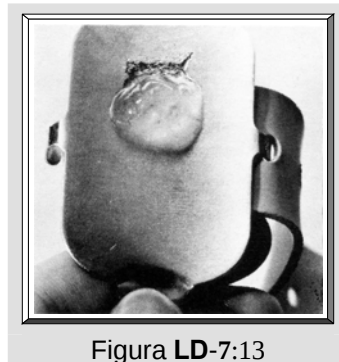


Figura LD-7:13

Coloca los "**Lectro-Pads**" de la Burdick sobre el sensor (véase Figura LD-7:14). El "**Lectro-Pad**" se extiende ligeramente mas allá de los bordes del sensor. Fírmemente, frote el área donde aplicarás el sensor con el borde que sobresale, esto comprime parte del electrolito de los bordes del "**Lectro-Pad**" y ayudará a limpiar la piel (véase Figura LD-7:15).

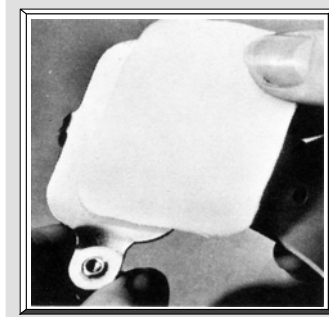


Figura LD-7:14

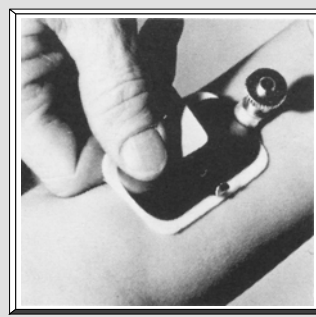


Figura LD-7:15

Antes de colocar los sensores en el brazo o pierna, limpia el área si la piel es grasa. Coloca el sensor en un área lisa y "carnosa" del brazo superior. El sensor no debe estar presionado contra el cuerpo o camilla cuando el sujeto se encuentre relajado. Se recomienda colocar el sensor en el brazo superior porque no hay problema de vellos y debido a que el movimiento de los dedos no causará contracciones musculares, puesto que se requiere mover la articulación del codo para poder contraer los músculos del brazo superior. (véase Figura LD-7:11 y LD-7:16). Coloca los sensores en la parte "carnosa" de la extremidad inferior; no sobre la tibia (véase Figura LD-7:11 y LD-7:17).

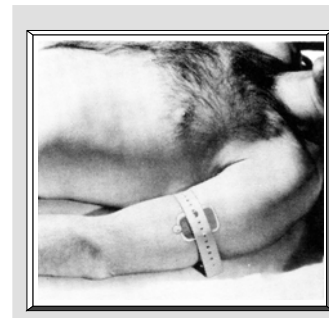


Figura LD-7:16

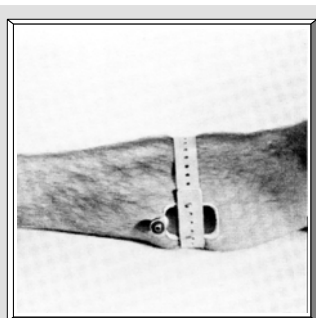
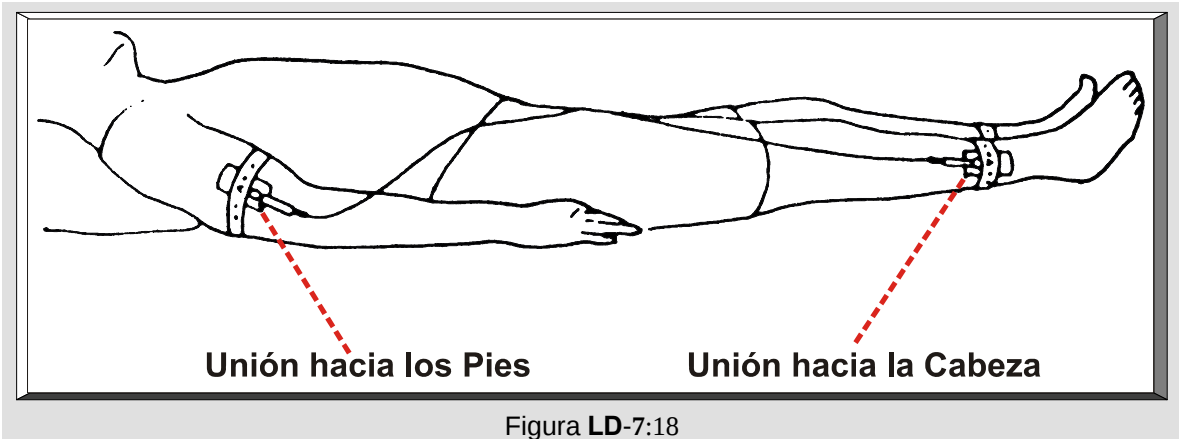


Figura LD-7:17

Fija a las extremidades correspondientes cada uno de los sensores, envolviendo alrededor de la extremidad las amarraderas de caucho que están conectadas a los sensores. Es importante que las amarraderas no se encuentren muy apretadas (esto puede provocar artefactos por temblores musculares). Para asegurarte que las amarraderas de caucho ofrezcan la presión adecuada, introduce tu dedo debajo de la amarradera y afianza la amarradera cómodamente sobre el dedo; cuando el dedo se remueva, la amarradera no estará ni muy apretada ni muy suelta. Conecta las derivaciones (cables) de las extremidades a los cuatro sensores. Es importante evitar el halón de los sensores. Para prevenir este problema, es necesario colocar el extremo de unión al cable de los sensores de los brazos en dirección hacia los pies y el extremo de unión al cable de los sensores de las piernas orientado hacia la cabeza (véase Figura LD-7:18).



2) Los electrodos precordiales o chupones (derivaciones V):

- a) Conecta los seis sensores (electrodos) de chupones a los cables de la derivación V (precordial).
- b) Prepara las zonas de la piel elegidas:

Localiza las posiciones de las seis derivaciones precordiales (véase Figura LD-7:19).

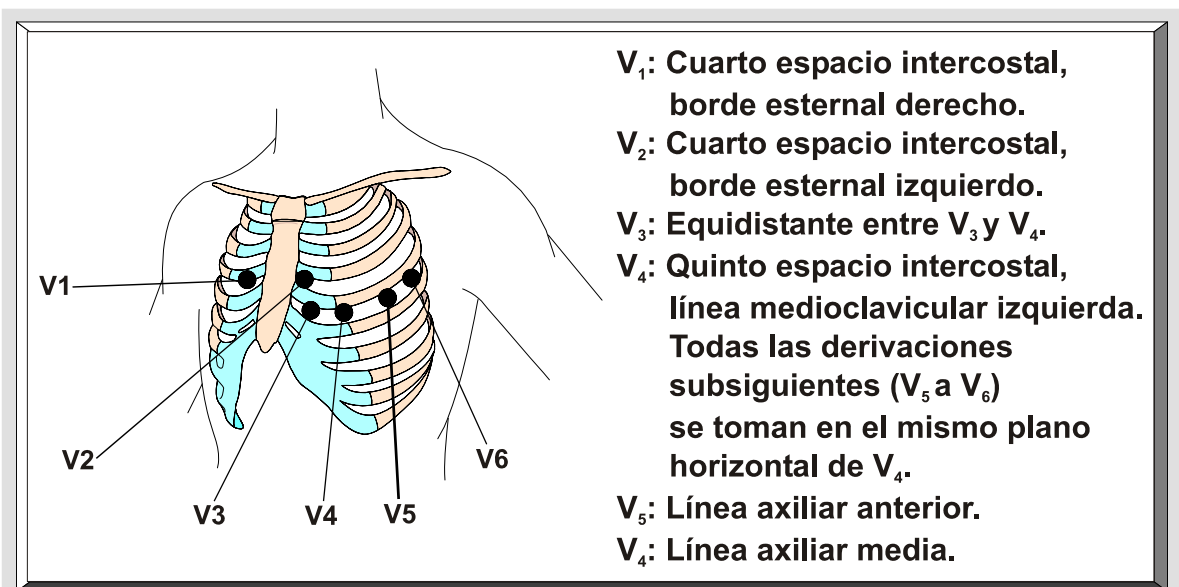


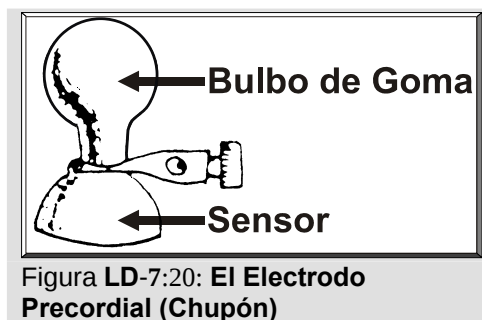
Figura LD-7:19: **Zonas para las Derivaciones Precordiales.** Este figura muestra los lugares anatómicos para los electrodos precordiales.

Limpia las áreas de las derivaciones V con alcohol para sacar la grasita de la piel. Extrae una pequeña cantidad del electrolito (pasta, gelatina o crema) "**Liqui-cor**" sobre cada área en la piel donde se colocarán los electrodos precordiales. Utilice un depresor de lengua ("tongue depressor" o paleta) para esparcir el electrolito en el áreas de la piel donde se colocarán los

sensores precordiales. Es importante no mezclar con el electrolito de un lado a otro las áreas de los sensores precordiales. Si el sujeto posee mucho vello en el pecho, utiliza suficiente electrolito y luego resliza movimientos de torsión circulares durante la firme aplicación del electrolito. Otra opción es abrir bien los vellos. Por lo regular, en los sujetos velludos siempre se utiliza electrolito (en otras ocasiones solo se utiliza alcohol).

c) Aplicación de los electrodos:

Primero deprime el bulbo de goma del sensor (véase Figura **LD-7:20**) y luego aplícalo en el área correspondiente en el pecho. Solamente un pequeño hoyuelo debe permanecer en el bulbo cuando éste se libere.



d) Debes asegurarte que las derivaciones conformen el contorno del cuerpo (pecho) y de que no se coloque presión sobre los sensores.

e) Coloca horizontalmente sobre el sujeto el cable qué sobra de las derivaciones.

3) Utilización de electrodos de parcho adhesivos (desechables):

a) Preparación del área en la piel para los electrodos (véase Figura **LD-7:21**):

De ser necesario, afeita los vellos que se encuentran en los lugares de los electrodos con una crema de afeitar suave y una razuradora afilada, limpia y segura. Asegúrate que el área afeitada sea ligeramente mas grande que el disco adhesivo (electrodo). Limpia la piel en cada lugar del electrodo con una gaza pequeña saturada con alcohol (recomendado 99% isopropanol) o con toallitas de alcohol ya preparadas de fabrica. Se debe remover la capa epidérmica externa (callosa) de la piel (abrasión dérmica) en cada lugar del electrodo para poder ofrecer un buen contacto entre la piel y el electrodo. Explica al sujeto que-esto es necesario para poder obtener un buen registro de EKG.

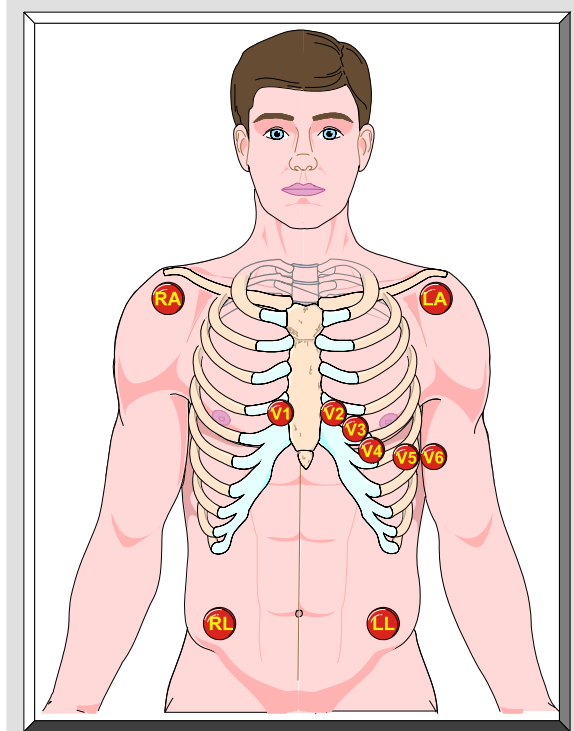


Figura LD-7:21: Uso de Electrones Adhesivos. Lugares para la colocación de los electrodos de parcho.

La abrasión dérmica se puede realizar mediante uno de los siguientes métodos: (1) algunos electrodos tienen adheridos un papel pequeño de lija para remover la capa de piel muerta (abrasión). Con una presión moderada, pero firme, abrade la piel donde se colocará el área del electrodo que posee el electrolito (gelatina, pasta) -véase Figura LD-7:22.

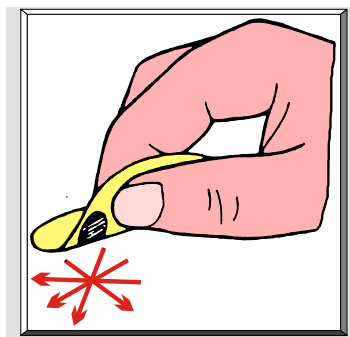


Figura LD-7:22

(2) restregar vigorosamente la piel con una gaza pequeña saturada con acetona hasta que la piel enrojezca (véase Figura LD-7:23)

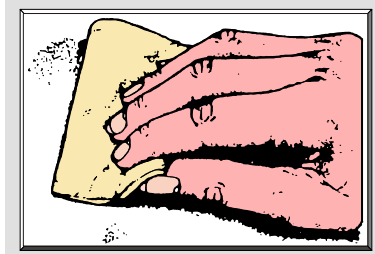


Figura LD-7:23

(3) método con papel o tela de esmeril (lija de grano fino) - limpia la piel con abundante alcohol (70%) o acetona en un algodón. Permite la piel secar. Remueve las células muertas escamosas de las capas superiores de la estrata callosa dérmica realizando seis ligeros frotamientos sobre el lugar con una tela o papel de esmeril. Trate de evitar irritación dérmica y no extraiga sangre. Esta preparación provee una baja resistencia y potencial de la piel (4) método con el taladro dental - remueva una capa callosa superficial bien delgada de la epidermis aplicando momentáneamente un taladro dental (equipado con un disco abrasivo limpio y pequeño) sobre el lugar del electrodo (5) raspar con un palillo el área de la piel seleccionada hasta que enrojesca.

b) Aplicación de los electrodos:

El paquete de electrodos debe estar expuesto a temperatura de cuarto para que puedan ofrecer su óptimo funcionamiento. Los electrodos con electrolito (pasta, gelatina o crema) de fábrica deben permanecer en el paquete hasta que estén listos para utilizarse. Exponer el electrodo al aire puede ocasionar que se evapore el electrolito. Si los electrodos no poseen electrolito de fábrica, llena cada electrodo con la pasta de electrodo desde su fondo hacia arriba para evitar burbujas. El exceso de pasta debe removerse con una paleta (utilizada para deprimir la lengua), de manera que el depósito de la pasta se llene uniformemente hasta su tope. Remueva el papel de respaldo del electrodo con un movimiento uniforme y suave. Se debe tener cuidado de limitar el contacto entre los dedos y la superficie adhesiva (véase Figura LD-7:24). Para los electrodos que poseen electrolito de fábrica, realiza una rápida inspección visual para ver si el relleno de la pasta se encuentre húmedo. Deseche el electrodo si la pasta está seca.

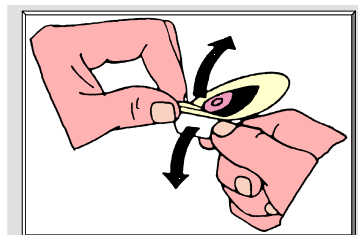
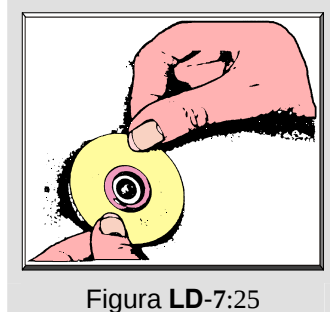
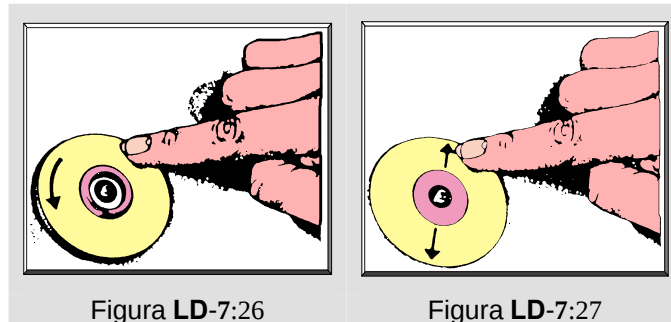


Figura LD-7:24

Es importante que el área donde se aplicarán los electrodos se encuentre seca. Coloca el electrodo sobre la piel, fijando un borde del área adhesiva en la superficie de la piel y luego halando el otro extremo en contra de área fijada (véase Figura LD-7:25). Asegúrate que la parte del electrodo con pasta se coloque directamente sobre el lugar de la abrasión.



Si la parte adhesiva del electrodo esta hecha de "foam" (o gomaespuma) o son electrodos "**RED DOT**" (3M), alisa el electrodo sobre la piel corriendo la 11ema de tu dedo alrededor de la superficie adhesiva circular (véase Figura LD-7:26). Esto asegura una columna de electrolito mas estable, lo cual reduce el artefacto por movimiento y previene que la pasta se salga, evitando así que la derivación pierda adhesión. Si la parte adhesiva del electrodo esta hecha de un material adhesivo poroso ("**NDM Plia Cell**"), alisa la superficie adhesiva sobre la piel moviendo tu dedo en una línea recta desde el centro hacia afuera del electrodo (véase Figura LD-7:27). Conecta los cables de las derivaciones en los electrodos.



Operación

1. Registro de una secuencia automática de 12 derivaciones:
 - a. Coloca el interruptor de "**REMOTE START**" (**INICIO DEL CONTROL REMOTO**) en "**MAN**" y el interruptor "**FREQ RESP**" en "**AHA**" y deprime el interruptor "**OBSERVE**".
 - b. Lentamente gira el interruptor para seleccionar la derivación ("**lead selector switch**") a través de las posiciones 1-V6, mientras observas las deflexiones del estilete. Estas deflexiones tienen normalmente un patrón rítmico. Cambios súbitos en la

posición del estilete, que no sean aquellos producidos por los complejos del EKG, se deben lo mas probable por encontrarse los sensores muy sueltos, corroídos o por presión ejercida sobre los cables de los sensores.

- c. Si los complejos del EKG son tan altos que el estilete se mueve fuera de la gráfica cuadrículada del papel de EKG, coloca el interruptor "**SENSITIVITY**" (**SENSITIVIDAD**) en "**X1/2**" (este interruptor se encuentra localizado frente al panel de la máquina). Si por el contrario, existe una-baja amplitud en los complejos del EKG, puede ser necesario colocar el interruptor en "**X2**". Asegurate de indicar cualquier cambio en sensibilidad con una marca de calibración o una marca con un código especial.
- d. Deprime el interruptor pulsador "**AMP OFF**" y gira el interruptor para seleccionar la derivación en la posición de "**AUTO**".
- e. Coloca el interruptor de "**SPEED**" (**VELOCIDAD**) en 25mm/seg. y deprime el interruptor pulsador "**RECORD**" (**REGISTRO**). Se registrará automáticamente una secuencia de EKG de 12 derivaciones, con la duración de cada derivación determinada por la posición del interrptor de "**FORMAT**" (**FORMATO**). En la posición de "**CARD**", todo el EKG automático se registrará en 37.4 segundos. Este total de 37.4 segundos se desglosa como sigue: "**CAL**" 1.3 segundos, "**I-III**" 2.7 segundos cada una, "**AVR-V6**" 2.8 segundos cada una, "run out" (sacar el papel) de 2.8 segundos. En la posición de "**FOLDER**" y en operación automática, las derivaciones "**I-III**" se registrarán en 5.6 segundos cada una, "**AVR-V6**" 2.9 segundos cada una y el "run out" (sacar el papel) en 2.9 segundos. Estos formatos estan diseñados para utilizarse con los montajes de "card" y "folder" de la Burdick.
- f. El registro puede ser detenido deprimiendo los interruptores "**AMP OFF**" u "**OBSERVE**".

2. Registro de una secuencia manual de 12 derivaciones:

- a. Sigue los pasos a-c realizados para el procedimiento del "registro de una secuencia automática de 12 derivaciones".
- b. Coloca el interruptor de "**SPEED**" (**VELOCIDAD**) en 25mm/seg. y deprime el interruptor pulsador "**RECORD**" (**REGISTRO**).
- c. Un pulso de calibración debe ser incluido en el trazo para referencia. Esto se puede realizar colocando el interruptor para seleccionar la derivación ("lead selector swith") en **STD** y deprimiendo el interruptor pulsador **STD**.

- d. Coloca el interruptor para seleccionar la derivación ("lead selector swith") en la derivación 1. Continúa moviendo el interruptor para seleccionar la derivación desde una posición (derivación) a la próxima hasta llegar a la derivación V6. Las derivaciones marcarán automáticamente. La duración de cada derivación dependerá de la cantidad de tiempo que permanezca el interruptor para seleccionar la derivación en cada posición (derivación) que marque dicho interruptor.
 - e. Para detener el registro, deprime el interruptor "**OBSERVE**" o "**AMP OFF**".
3. Desprenda el registro de EKG de la máquina e identifíquelo con el nombre del sujeto, hora, fecha y con cualquier otra información que pueda ser de importancia para la interpretación del registro.
 4. Remueva los electrodos del sujeto y límpielos.
 5. Coloque el interruptor de "**POWER**" (**POTENCIA**) en "**OFF**" (**APAGADO**).
 6. Desconecte el cable de potencia del enchufe en la pared.
 7. Limpie todo el equipo y dejelo listo para su próximo uso.

RESULTADOS

Identifique las Ondas del EKG

1. Corte un trazo de EKG de 6 segundos (15 cm) del sujeto y péquelo en la Hoja para Recolectar la Data. Es importante que identifique la derivación a que pertenece dicho trazo de EKG.
2. Rotule un ciclo cardíaco de dicho trazo asignando las letras que correspondientes para sus diferentes ondas,- Utilice de referencia la Figura **LD-7:1**.

Realice las Siguietes Mediciones del Trazo de EKG

1. Determine la frecuencia cardíaca: Utilice los métodos descritos en la sección de los Métodos para Determinar la Frecuencia Cardíaca (p. 126) y anótela en la Hoja Para Recolectar los Datos.
2. Calcule la duración de los siguientes intervalos: P-R ó P-Q; QRS; S-T; Q-T.
3. Mida las amplitudes de las siguientes ondas: Onda P, onda Q, onda R, onda S, onda T.

Determine la Regularidad de la Frecuencia Cardíaca y Ritmo

1. Realice las mediciones tanto para el ritmo auricular como el ventricular.
2. Marque la distancia entre dos ondas P (ritmo auricular) u ondas R (ritmo ventricular) consecutivas con el calibrador o con un pedazo de papel.
3. Compare la distancia arriba determinada con los próximos intervalos P-P (ritmo auricular) y R-R (ritmo ventricular).
4. Se consideran regulares las frecuencias auriculares y ventriculares cuando los intervalos P-P y R-R coinciden en las marcas indicadas. Muy ligeras variaciones en el ritmo (0.04 seg.) pueden aún ser consideradas como regulares.

ACTIVIDADES Y PREGUNTAS DE DISCUSIÓN

1. Busca en la literatura el significado de arritmia y como se clasifican.
2. Según la literatura, ¿qué significa una onda T invertida, elevación del segmento ST y depresión del segmento ST?
3. ¿Qué relación existe entre las diferentes ondas, segmento e intervalos registrados en el electrocardiograma con el sistema de conducción del corazón y el ciclo cardíaco? Explique.
4. ¿La cantidad de horas dormidas, uso de tabaco, ingerir alimentos, uso de alcohol y temperatura (frío o calor) puede afectar los registros en el electrocardiograma? Explique.
5. ¿Qué cardiopatía significa si ocurre durante una prueba de ejercicio una depresión del punto J por 1 mm (0.1 mv) o más y una depresión del segmento ST por 1 mm o más desde el punto J con una duración entre 60 y 80 milisegundos (0.06 y 0.08 segundos) después del punto J?

REFERENCIAS

- Adams, G. M. (2002). *Exercise Physiology Laboratory Manual* (4ta. ed., pp. 244-252, 257-262). Boston: WCB/McGraw-Hill Companies.
- American College of Sports Medicine (2006). *ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription* (7ma. ed., pp. 105-106, 119-122, 279-285). Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- Brady, W., Edhouse, J., Brady, W. J., & Camn, J. (2003). *ABC of Clinical Electrocardiography*. London: BMJ Books. Recuperado el 9 de junio de 2007, de ebrary: <http://80-site.ebrary.com.sirsiaut.inter.edu:8008/lib/interpuertorico/Top?channelName=interpuertorico&cpa ge=1&docID=10033070&f00=text&frm=smp.x&hitsPerPage=10&layout=document&p00=electr ocardiography&sch=%A0%A0%A0%A0%A0Buscar%A0%A0%A0%A0&sortBy=score&so rtOrder=desc>
- Burdick Corporation (1984). *Operator's Manual: EK-8 Electrocardiograph* (Ed. Rev.). Wisconsin: The Burdick Corporation. 30 pp.
- Dubin, D. (1984). *Electrocardiografía Práctica: Lesión Trazado e Interpretación* (3ra. ed.). México: Nueva Editorial Interamericana, S. A. 294 pp.
- Ehrman, J. K., & Schaire, J. R. (2006). Diagnostic Procedures for Cardiovascular Disease. En: American College of Sports Medicine Staff. (Ed.). *ACSM's Resource Manual for Guidelines for Exercise Testing and Prescription* (5ta. ed., pp. 283-284). Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- Fry, G., & Berra, K. (1981). *YMCARDiac Therapy*. Chicago: National Council of the Young Men's Christian Associations of the United States of America. 374 pp.
- Kasper, D. L., Braunwald, E., Fauci, A. S., Hauser, S. L., Longo, D. L., & Jameson, J. L. (2005). *Harrison's Manual of Medicine* (16th. ed., pp. 596-601). The McGraw-Hill Companies, Inc. Recuperado el 9 de junio de 2007, de NetLibrary: <http://ezproxy.uipr.edu:2065/AccessProduct.aspx?ProductId=136194&ReturnLabel=lnkSearchRes ults&ReturnPath=/Search/SearchResults.aspx>
- García Bolao, I. (2004). *Introducción a la Elctrocardiografía Clínica*. Editorial Ariel. 202 pp. Recuperado el 9 de junio de 2007, de ebrary: <http://ezproxy.uipr.edu:2051/lib/interpuertoricosp/Top?channelName=interpuertoricosp&cpa ge=1&docID=10050558&f00=text&frm=smp.x&hitsPerPage=10&layout=document&p00=electrocard iography&sch=%A0%A0%A0%A0%A0Buscar%A0%A0%A0%A0&sortBy=score&sortOrd er=desc>
- Goldschlager, N. & M. J. Goldman, M. J. (1985). *Interpretación del Electrocardiograma: Aspectos Esenciales* (p. 229). México: El Manual Moderno.
- Lopes, P., & White, J. (2006). Heart rate variability: Measurement methods and practical implications. En P. J. Maud & C. Foster (Eds.), *Physiological Assessment of Human Fitness* (pp. 39-62). Champaign, Illinois: Human Kinetics Books.
- Mattu, A., & Brady, W. (2003). *ECGs for the Emergency Physician*. London. BMJ Books. Recuperado el 9 de junio de 2007, de NetLibrary: <http://ezproxy.uipr.edu:2065/AccessProduct.aspx?ProductId=103835&ReturnLabel=lnkSearchRes ults&ReturnPath=/Search/SearchResults.aspx>
- Morehouse, L. E. (1972). *Laboratory Manual for Physiology of Exercise* (pp. 51-62). Saint Louis: The C. V. Mosby Company.

NDM Corporation, (s. f.). ***Troublesome Traces: Prevention and Cure of the Most Common ECG Monitoring Problems***. Ohio: NDM Corporation, Publication Department. NDM Publication # 100. 18 pp.

Nieman, D. C. (2007). ***Exercise Testing and Prescription: A Health – Related Approach*** (6ta. ed. pp. 103-107). New York: McGraw-Hill Companies.

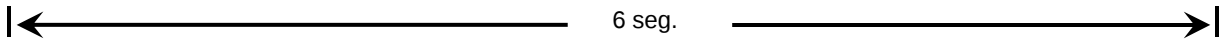
Shaver, L. G. (1973). ***Experiments in Physiology of Exercise*** (101-108). Minneapolis: Burgess Publishing Company.

Vecht, R. (2001). ***ECG Diagnosis Made Easy***. London: Martin Dunitz Ltd. Recuperado el 9 de junio de 2007, de NetLibrary:
<http://ezproxy.uipr.edu:2065/AccessProduct.aspx?ProductId=92464&ReturnLabel=lnkSearchResults&ReturnPath=/Search/SearchResults.aspx>

Zauner, C. W, Stainsby, W. N., & Kaplan, H. M. (1970). ***Laboratory Experiments in Exercise Physiology*** (pp. 19-25). Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, Inc.

HOJA PARA LA COLECCIÓN INDIVIDUAL DE LOS DATOS ELECTROCARDIOGRAMA EN REPOSO

Evaluador (es):				Fecha: ____/____/____ Día Mes Año		
Nombre: _____ SS: _____ Edad: ____ Sexo: (F) (M)				Hora: ____ (a.m.) (p.m.)		
Sección: _____		Horas de la Clase: _____		Días: _____		
Peso: ____ kg ____ lb		Talla: ____ cm ____ pulg		Temperatura: ____ °F ____ °C		



6 seg.

PEGUE AQUÍ EL TRAZO DE EKG

Derivación: _____

LECTURA E INTERPRETACIÓN DEL EKG

Frecuencia Cardíaca (latidos·min ⁻¹)				Intervalo		Amplitud	
	Regla de EKG (Burdick)	Cuadrulado (Dividir entre 1500)	Intervalo de Seis (6) Segundos	Intervalo	Segundos	Ondas	Milivoltios (mV)
Atrial				P-R		Onda P	
Ventricular				QRS		Onda Q	
Ritmo				S-T		Onda R	
Atrial	☐ Regular	☐ Irregular		Q-T		Onda S	
Ventricular	☐ Regular	☐ Irregular				Onda T	

Posición del Sujeto: _____

Comentarios: _____

MÉTODOS PARA DETERMINAR LA FRECUENCIA CARDIACA DESDE EL TRAZO DEL ELECTROCARDIOGRAMA

PARA RITMOS REGULARES Y FRECUENCIAS CARDIACAS ALTAS

Regla de EKG

1. Regla de Burdick (véase Figura LD-7:28):

- Para velocidades del papel a 25 mm/seg., utilice la escala localizada en el borde inferior de la reglas.
- Coloque la flecha de referencia (ubicada a la izquierda inferior) sobre el pico de una onda R.
- Cuente tres ondas R desde dicha flecha.
- Lea la frecuencia cardica más cercana indicada en la regla.

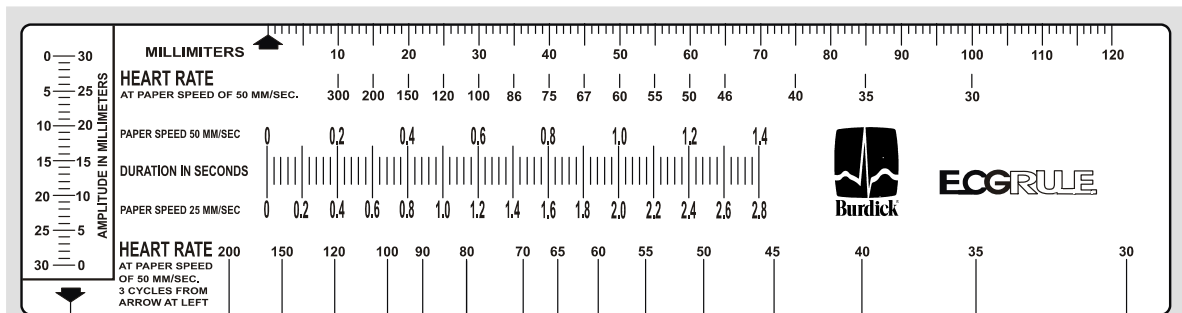


Figura LD-7:28: **Regla de EKG de la Burdick.** Utilice esta regla para dterminar la frecuencuia cardiaca desde un trazo de EKG.

2. Regla de EKG de Goldschlager y Goldman (véase Figura LD-7:29):

- Coloque la línea gruesa a la izquierda en el pico de una onda R.
- Cuente cinco ondas R a partir de este punto.
- Lea la frecuencia cardiaca indicda en la escala.

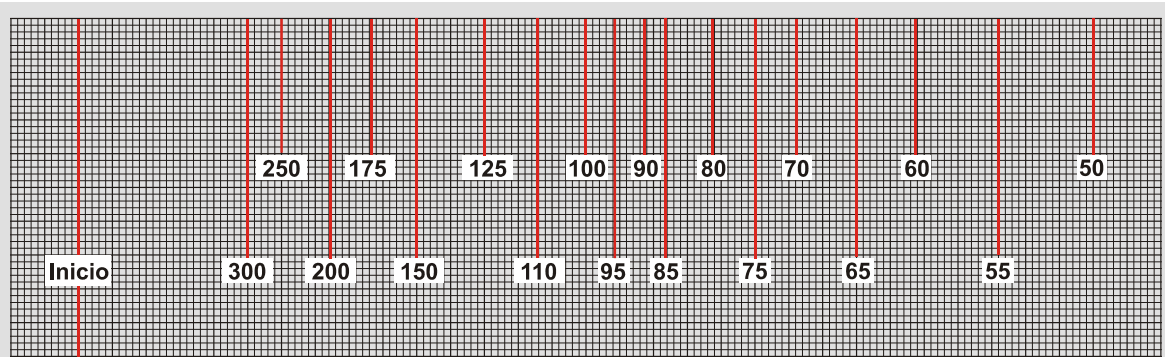


Figura LD-7:29: **Regla de EKG de Goldschlager y Goldman.** Esta regla se emplea para estimar la frecuencia cardiaca de un trazo de EKG.

Tablas

Las Tablas LD-7:2 y LD-7:3 siguen el mismo principio empleado en las reglas, con la excepción de que la Tabla LD-7:2 es más completa y precisa.

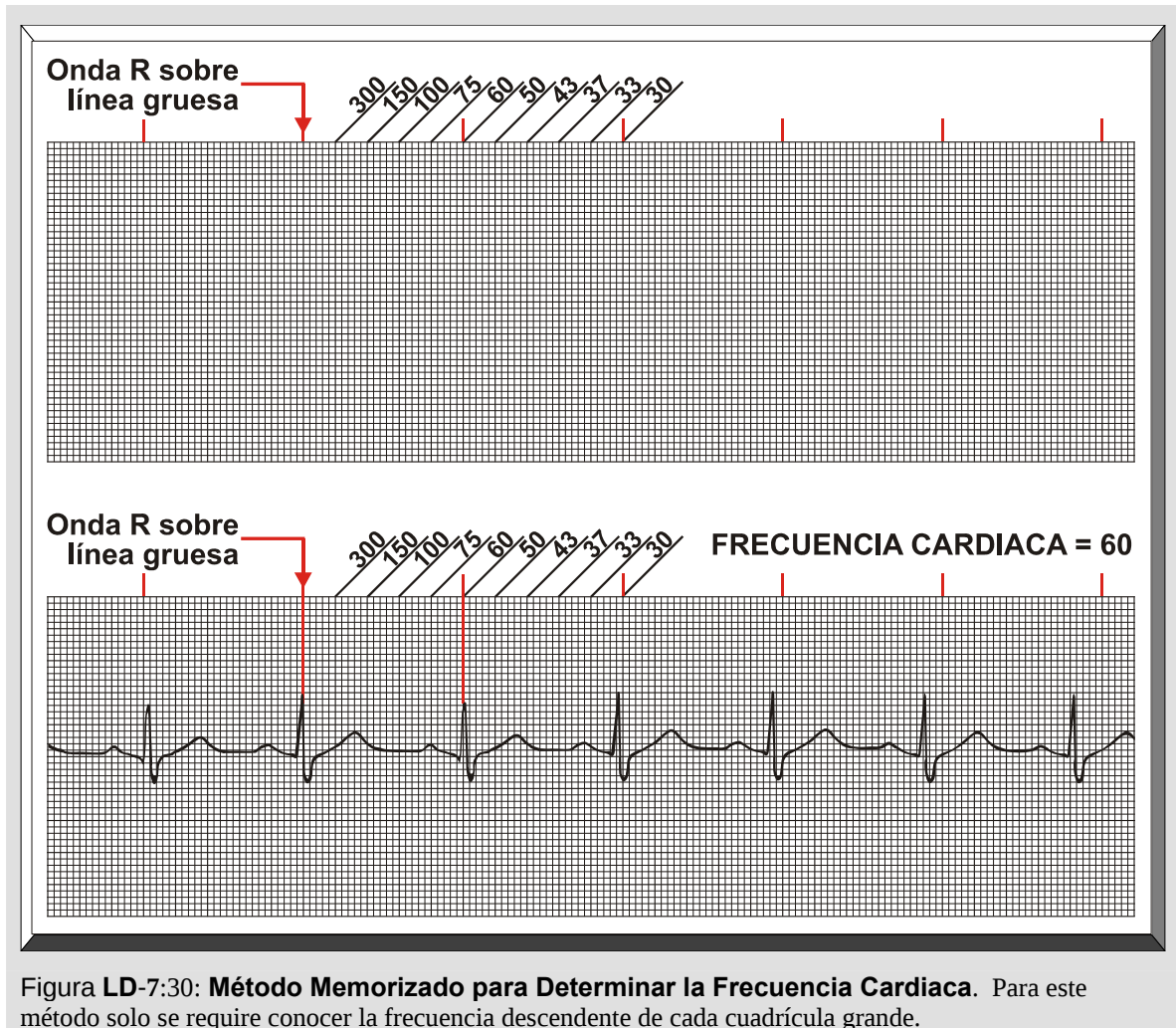
Tabla LD-7:2: Para estimar la frecuencia cardiaca, primero escoja el valor bajo la columna **L**, la cual representa la duración del ciclo cardiaco en segundos según fue determinado en el EKG. El ciclo cardiaco del trazado se establece al medir el intervalo de tiempo comprendido entre dos ondas P, u ondas R, dado dos latidos consecutivos. El número próximo a tal valor, ubicado en la columna **R**, corresponde a la frecuencia cardiaca por minuto. Por ejemplo, si la duración entre dos ondas P fue de 0.71, entonces la frecuencia cardiaca resultante sería 84 latidos·min⁻¹

Tabla LD-7:2. Tabla para Determinar la Frecuencia Cardiaca en una Trazado de EKG.									
L*	R**	L	R	L	R	L	R	L	R
0.10	600	0.38	158	0.66	91	0.94	63	1.58	38
0.11	550	0.39	155	0.67	90	0.95		1.64	37
0.12	510	0.40	150	0.68	89	0.96	62	1.68	36
0.13	470	0.41	145	0.69	87	0.97	61	1.73	35
0.14	430	0.42	142	0.70	85	0.98		1.77	34
0.15	400	0.43	138	0.71	84	0.99	60	1.82	33
0.16	375	0.44	136	0.72	83	1.00		1.86	32
0.17	350	0.45	133	0.73	82	1.01	59	1.92	31
0.18	335	0.46	129	0.74	81	1.03	58	2.00	30
0.19	315	0.47	127	0.75	80	1.05	57	2.06	29
0.20	300	0.48	125	0.76	79	1.07	56	2.15	28
0.21	284	0.49	123	0.77	78	1.09	55	2.22	27
0.22	270	0.50	120	0.78	77	1.11	54	2.30	26
0.23	260	0.51	117	0.79	76	1.13	53	2.40	25
0.24	250	0.52	115	0.80	75	1.15	52	2.50	24
0.25	240	0.53	113	0.81	74	1.17	51	2.60	23
0.26	230	0.54	111	0.82	73	1.20	50	2.70	22
0.27	222	0.55	109	0.83	72	1.23	49	2.84	21
0.28	215	0.56	107	0.84	71	1.25	48	3.00	20
0.29	206	0.57	105	0.85		1.27	47	3.15	19
0.30	200	0.58	103	0.86	70	1.29	46	3.35	18
0.31	192	0.59	101	0.87	69	1.33	45	3.50	17
0.32	186	0.60	100	0.88	68	1.36	44	3.75	16
0.33	182	0.61	98	0.89	67	1.38	43	4.00	15
0.34	177	0.62	96	0.90		1.42	42	4.30	14
0.35	173	0.63	95	0.91	66	1.45	41	4.70	13
0.36	168	0.64	93	0.92	65	1.50	40	5.10	12
0.37	164	0.65	92	0.93	64	1.55	39	5.50	11
								6.00	10
* L = Duración del ciclo cardiaco en segundos. ** R = Frecuencia cardiaca por minuto. NOTA. De: <i>Interpretación del Electrocardiograma: Aspectos Esenciales</i>. (p. 229), N. Goldschlager, Nora, & M. J. Goldman, México: El Manual Moderno, S.A. Copyright 1985 por El Manual Moderno.									

Tabla LD-7:3: Tabla de para Calcular la Frecuencia Cardiaca					
Duración del Ciclo Cardiaco (seg.)	Número de Cuadrados de 0.04 seg.	Frecuencia Cardiaca (latidos·min ⁻¹)	Duración del Ciclo Cardiaco (seg.)	Número de Cuadrados de 0.04 seg.	Frecuencia Cardiaca (latidos·min ⁻¹)
0.16	4	375	0.84	21	72
0.20	5	300	0.88	22	68
0.24	6	250	0.92	23	65
0.28	7	214	0.96	24	63
0.32	8	188	1.00	25	60
0.36	9	168	1.04	26	58
0.40	10	150	1.12	28	54
0.44	11	136	1.20	30	60
0.48	12	125	1.28	32	47
0.52	13	115	1.36	34	44
0.56	14	107	1.44	36	42
0.60	15	100	1.52	38	40
0.64	16	94	1.60	40	38
0.68	17	88	1.68	42	36
0.72	18	83	1.76	44	35
0.76	19	79	1.92	48	31
0.80	20	75	2.00	50	30

Cuadrícula

1. Método memorizado (véase Figura LD-7:30):
 - a. Identifique una onda R sobre una línea gruesa.
 - b. Siguiendo la secuencia de los números memorizados, descarta cada línea gruesa hasta la próxima onda R.
 - c. Determina la frecuencia cardiaca donde coincida dicha onda R.



2. Dividir 300 entre el número de cuadros grandes que separan dos ondas R.
3. Dividir 1500 por el número de pequeños cuadrados de 0.04 seg. entre dos ondas R.

PARA RITMOS IRREGULARES Y FRECUENCIAS CARDIACAS BAJAS

Intervalos de Seis (6) Segundos

1. Cuente el **número de ondas R** en seis segundos (15 cm.).
2. Multiplique por 10 el número de ondas R calculadas en dicho intervalo de 6 segundos (véase Figura LD-7:31):

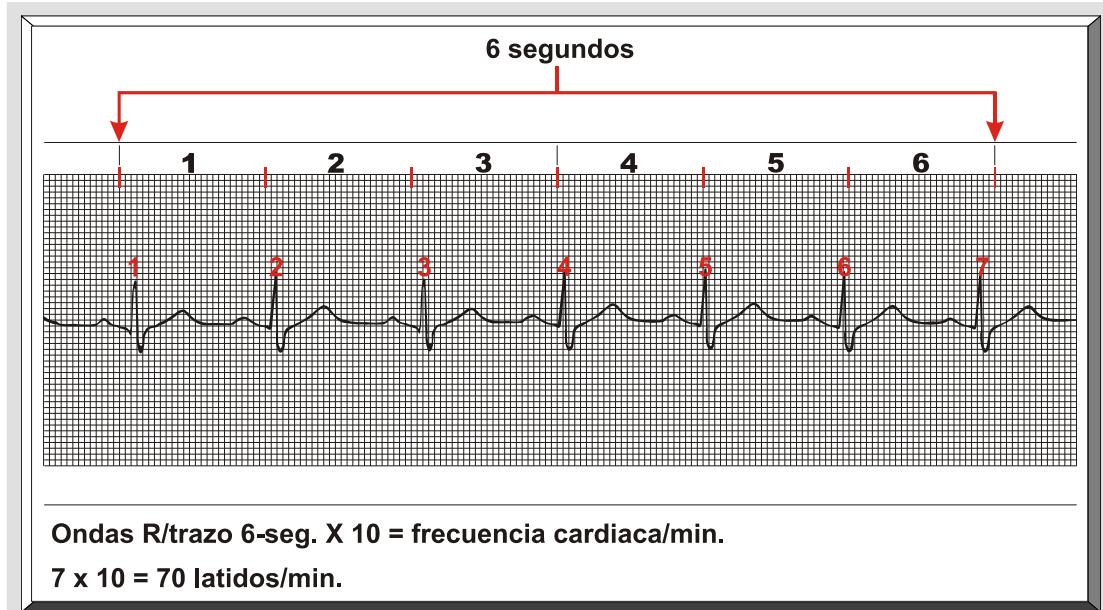


Figura LD-7:31: **Método Mediante Intervalos de Seis (6) Segundos para Determinar la Frecuencia Cardiaca.** Este método solo consiste en contar la cantidad de ondas R dentro del intervalo de 6 segundos marcados en el trazo de EKG. Luego, se le añade un cero (0), o se multiplica por 10, para para estimar la frecuencia cardiaca.

3. Otro método consiste en contar el **número de ciclos cardiacos** (el espacio entre una onda R y la siguiente onda R) en seis segundos y luego multiplicarlo por 10 (véase Figura LD-7:32):

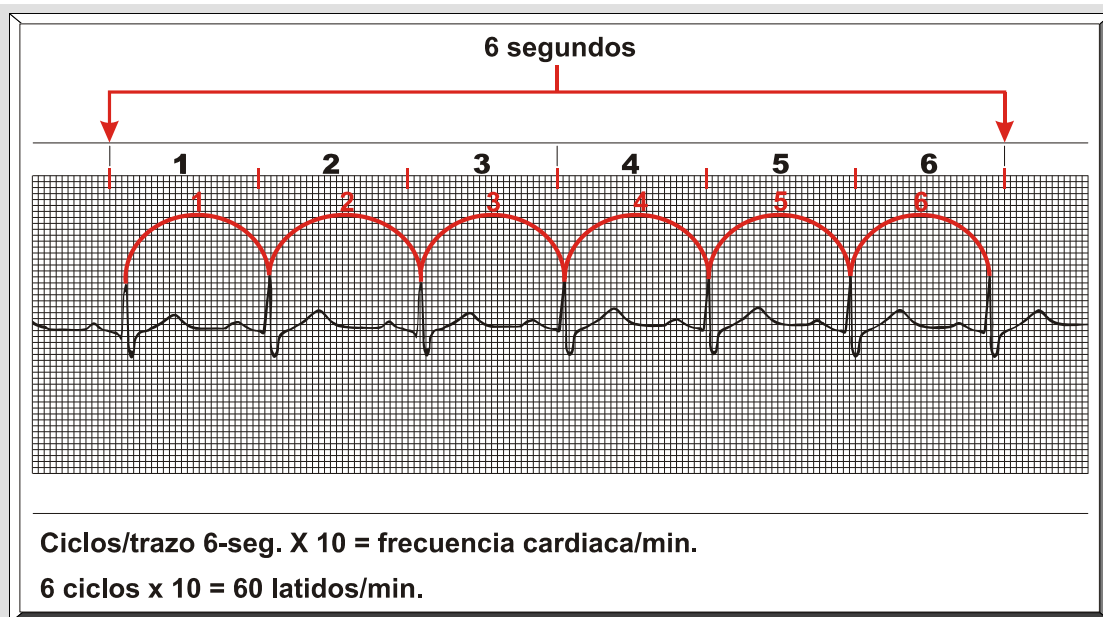


Figura LD-7:32: **Método Alterno Mediante Intervalos de Seis (6) Segundos para Determinar la Frecuencia Cardiaca.** Este método solo consiste en establecer el número de ciclos cardiacos dentro del intervalo de 6 segundos y luego multiplicarlo por 10.