

TRANSMISOR - RECEPTOR DE ECG PARA EL DIAGNÓSTICO DE INFARTO AL MIOCARDIO

GUTIÉRREZ ALDANA, A.
HERNÁNDEZ RODRÍGUEZ, P. R.
LARA BARRÓN, M.¹
RAMOS CORRALES, M. A.²
MEDÉCIKO MICETE, J. M.²

Sección de Bioelectrónica,
CINVESTAV, Av IPN 2508 México D.F. 07300, México.
¹Sección de Comunicaciones,
CINVESTAV, Av IPN 2508 México D.F. 07300, México.
²Unidad coronaria del Hospital de Especialidades del
Centro Médico Nacional "La Raza" IMSS.

RESUMEN:

Con el fin de ayudar a diagnosticar y atender oportunamente al paciente que sufre infarto al miocardio, se ha desarrollado un equipo de transmisión - recepción de electrocardiogramas (ECG) y datos clínicos por línea telefónica conmutada. Se obtiene el ECG empleando un electrocardiógrafo comercial y se digitaliza para su transmisión. Se trabajan dos tipos de transmisor, el primero es una adaptación de una computadora personal (PC) y el segundo es un desarrollo específico a partir de un microcontrolador. En ambos casos, se adapta una PC como receptor. Cada transmisión consta de un ECG de 12 derivaciones y los parámetros clínicos necesarios para efectuar el diagnóstico y determinar si es posible la aplicación de un trombolítico. Se reportan los resultados de la etapa de validación con 140 transmisiones entre la Unidad de Urgencias del HGZ 29 y la Unidad Coronaria del Hospital de Especialidades del Centro Médico "La Raza" del IMSS.

PALABRAS CLAVE:

Telemetría, ECG, Infarto al miocardio y Trombolisis.

ABSTRACT:

In order to improve diagnosis and medical assistance on patients suffering a myocardial infarction, a transceiver for ECG was developed. The equipment uses a commuted line. The ECG signal is obtained from a commercial electrocardiograph and it is digitized for transmission. Two kind of transmitters were designed: the former, was based on a PC and the later was customized with a microcontroller-based design. A PC-based system is used as a receiver in both cases. Each transmission includes a 12 lead ECG and clinical data for diagnosis purposes to determine the convenience of the thrombolytic therapy application. Results of 140 transmissions performed between an emergency room of a general hospital and a coronary care unit of a hospital with an advising medical staff are reported in this work.

KEYWORDS:

Telemetry, ECG, Myocardial infraction and Thrombolysis.

INTRODUCCIÓN

Cuando un trombo obstruye una de las arterias coronarias de una persona, se da inicio a un infarto al miocardio en evolución (IME)[1]. Esta enfermedad cardiovascular es la más importante por su incidencia[2] y causa una mortalidad de hasta 60% en la primera hora a partir de la aparición de los síntomas; otro 15% de los enfermos muere durante la atención hospitalaria[3].

Para aumentar la posibilidad y calidad de sobrevivencia, es necesario efectuar el diagnóstico de IME e iniciar la aplicación inmediata de un tratamiento adecuado; generalmente la trombolisis. Con este fin, en varios centros hospitalarios de diversos países se han adoptado dos soluciones: 1) Entrenar al per-

sonal de urgencias, de hospitales y ambulancias, en el diagnóstico y tratamiento de IME. 2) Entrenar a este personal para que en caso de sospecha de una urgencia cardiológica, tome un ECG y lo transmita a un cardiólogo que pueda diagnosticar y ordenar un tratamiento.

En México se han utilizado equipos comerciales para la transmisión de ECG y se ha observado: 1) Su utilidad en el diagnóstico de arritmias, infarto al miocardio y evaluación de marcapasos. 2) Las posibilidades que estos equipos ofrecen para prestar atención oportuna en situaciones de emergencia[4]. También se han desarrollado equipos para la transmisión de ECG por radio[5], por línea telefónica en forma analógica[6], y por la línea de potencia[7].

En este artículo, se presenta el diseño de un equipo de transmisión - recepción de ECG y parámetros clínicos (en adelante, transmisor de ECG) enfocado a la atención de IME para su uso en el IMSS. Con su aplicación se pretende eliminar la espera que implica el traslado del paciente, desde el sitio donde tiene el primer contacto con un médico (2º nivel), hasta el sitio donde sería atendido (3º nivel).

Recepción del artículo en su primera versión: marzo /98
Aprobación del artículo en su versión final: noviembre /98
Responsable:

Hernández Rodríguez, P. R.
Sección de Bioelectrónica, CINVESTAV del IPN.
Av. IPN 2508, México D.F. 07300, México.
FAX 7477080
e-mail: phernand@mail.cinvestav.mx

DISEÑO DEL EQUIPO

Se manejaron como requisitos de diseño: 1) Obtener una calidad de registro similar a la de un electrocardiógrafo comercial. 2) Incluir en el sistema las funciones necesarias para obtener información referente a los criterios de indicación, contraindicación relativa y contraindicación absoluta de la trombolisis, ya que ésta se emplea frecuentemente para obtener la reperfusión coronaria. 3) Aprovechar la infraestructura de la institución.

Considerando que el IMSS cuenta con líneas telefónicas conmutadas, se decidió usarlas como medio de transmisión. La norma CCITT V.16 se refiere al uso de módems para la transmisión de datos médicos por la red telefónica pública y contempla la transmisión simultánea de tres canales ECG mediante modulación analógica. Con el fin de corregir los posibles errores durante la transmisión, se prefirió usar modulación digital bajo la norma CCITT V.32Bis, esto permite el uso de módems comerciales, lo que a su vez, permitirá actualizar fácilmente el sistema para obtener las mejores características de transmisión.

Tomando en cuenta los puntos anteriormente expuestos, se decidió adaptar una computadora personal (PC) como receptor y diseñar dos modalidades de transmisor. En la primera, se adapta una PC para efectuar la transmisión y almacenar en su disco duro los ECG, permitiendo integrar bases de datos locales. La segunda es un transmisor de uso específico diseñado a partir del μC 68HC11, éste es más barato que el tipo PC pero no permite almacenar en disco duro.

Obtención y digitalización del ECG.

El ECG se obtiene de electrocardiógrafos comerciales, por lo que, ambos tipos de transmisor cuentan con una etapa de entrada que consta de un amplificador no inversor de ganancia seleccionable 1 ó 0.5. Esto les permite conectarse a la salida analógica de los equipos que proporcionan 0.5 V/mV y 1 V/mV.

Los transmisores trabajan con las 12 derivaciones normalizadas capturando 3.84 s de cada una. La tasa de muestreo es de 500 Hz[8] y se utilizan palabras de 8 bits.

El transmisor en base a PC.

Se adapta una PC para operar como transmisor y almacenar en disco duro los ECG, formando así una base de datos local (aproximadamente 24 Kbytes por paciente). Con este fin, se dota a la PC con una tarjeta de conversión analógico digital[9] que le permite conectarse a un electrocardiógrafo comercial para obtener el registro del ECG; también se le incorpora un módem CCITT V.32Bis, ya sea en su modalidad de circuito interno o conectado a través de un puerto serial[10]; y finalmente un programa, codificado en lenguaje C, que controla la operación conjunta de la PC y los componentes incorporados.

La tarjeta de conversión A/D usada maneja 12 bits con signo. Mediante un algoritmo automático de

escalamiento, se toman los 8 bits más significativos de la señal para ser almacenados y transmitidos.

El transmisor de uso específico.

Se diseña a partir del μC 68HC11 cuenta con 8 KB de ROM, 48 KB RAM, una pantalla matricial de 120 x 64 puntos, teclado para control, una entrada analógica para conexión a un electrocardiógrafo comercial y también incorpora un módem CCITT V.32Bis tipo externo (figura 1). En la ROM se almacenan: 1) El programa, inicialmente codificado en lenguaje ensamblador, que rige el funcionamiento del transmisor. 2) Los menús y avisos que se usan para comunicarse con el usuario. 3) El número telefónico del centro de asesoría. En la RAM se almacenará el ECG por transmitir. La pantalla matricial permite desplegar la señal en una proporción aproximada a la usada en la impresión de los electrocardiógrafos comerciales, 10 mm/mV y 25 mm/s.

Con el fin de usar la mayor parte del rango del convertidor, se incorpora un amplificador controlado por el usuario de ganancia variable 1, 2, 4 u 8.

Ambas modalidades de transmisor se comunican con el módem empleando los comandos AT[11].

El receptor.

Se habilita una PC como unidad receptora, equipándola con un módem CCITT V.32Bis y una impresora láser o de inyección de tinta marca HP, con resolución de 300 dpi. El programa para controlar el receptor se encarga de programar al módem para contestar automáticamente, establecer la comunicación, graficar en pantalla el ECG recibido (Figura 2), conmutar el funcionamiento del módem para permitir la comunicación de voz, presentar y permitir el llenado de una ficha de datos clínicos (Figura 3), almacenar la información en el disco duro, obtener ayuda referente a los criterios de aplicación de la trombolisis,

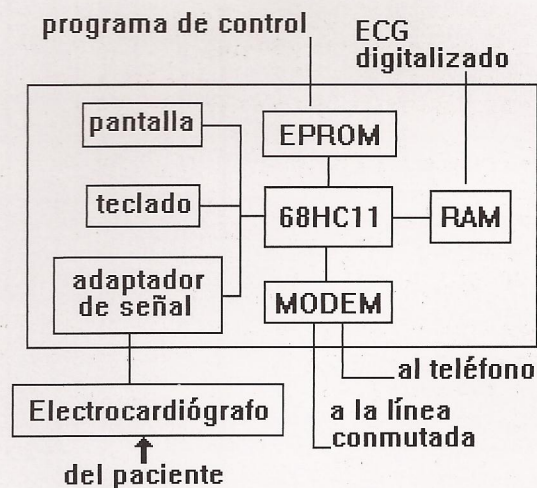
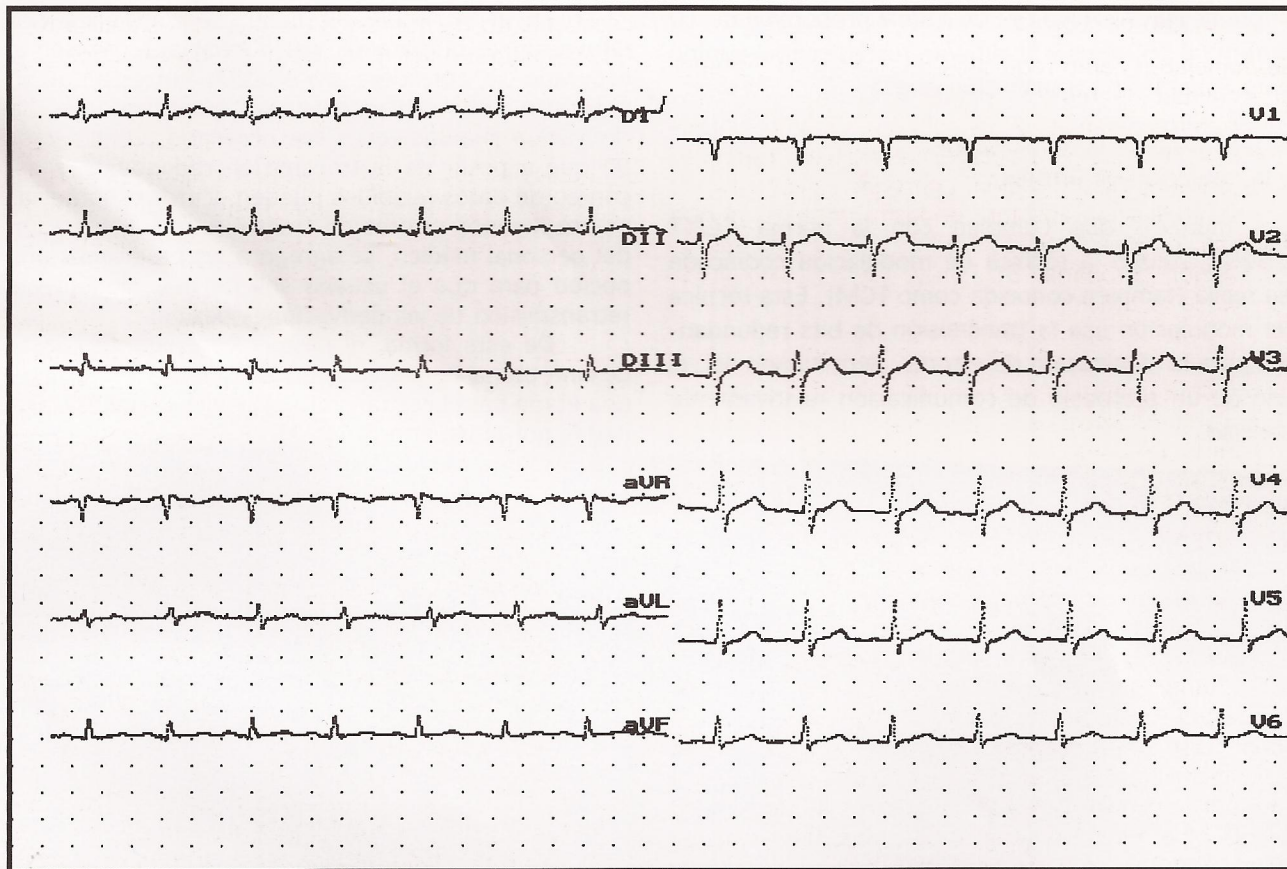


Figura 1. Diagrama a bloques del transmisor en base al 68HC11.



15

Figura 2. Pantalla que muestra el receptor una vez que ha llegado el ECG.

paciente		transmisión desde Uni Cor		hora 10:57	fecha 11/11/1996
		cédula - -		sexo	edad
dolor precordial	inicio :	evolución :	tipo		
irradiación					
infarto previo	fecha / /	localización			
síntomas neurovegetativos	tipo				
cedió con vasodilatadores					
ta / fc	fr	estertores	3er ruido		
vía parenteral	vena canalizada				
diagnóstico inicial					
complicaciones					
observaciones					
tratamiento inicial					
médico que solicita					
diagnóstico definitivo					
tratamiento sugerido					
nueva transmisión	a las :	fin de transmisión :			
médico asesor					
VER ECG	IMPRIMIR	AYUDA	ESPERAR TRANSMISION NUEVA	SALIR	

Figura 3. Pantalla que presenta el receptor, para solicitar los datos clínicos del paciente y los datos generales de la transmisión, después de que el sistema ha conmutado de datos a voz.

imprimir datos clínicos y ECG con la proporción de 10 mm/mV y 25 mm/s y finalmente restablecer el equipo para esperar una transmisión nueva.

El protocolo de comunicación y la detección de errores.

Los módems que cumplen con la norma CCITT V.32Bis utilizan la técnica de modulación codificada en rejilla (también conocida como TCM). Esta técnica de modulación usa la transmisión de bits redundantes para la eliminación de errores, permitiendo así, el uso de un protocolo de comunicación relativamente sencillo.

En el protocolo diseñado, se contabiliza por derivación el número de datos recibidos, de ser el esperado se considera transmisión correcta, de lo contrario se retransmite automáticamente la derivación cuantas veces sea necesario. Considerando que a pesar de la transmisión redundante y del conteo de datos recibidos pueden ocurrir esporádicamente algunos errores de transmisión, y a petición del personal médico, se agregó a los programas una opción para que el usuario solicite manualmente la retransmisión de las derivaciones deseadas.

De esta forma, el protocolo resultante consta de una etapa de transmisión automática (tabla 1) y una etapa para la retransmisión de derivaciones solicitadas por el usuario (tabla 2).

16

TRANSMISOR	RECEPTOR
TRANSMITIR ESCALAS DE CAPTURA.	
ENVÍA IDENTIFICADOR DE ESCALAS.	SE RECIBE UN IDENTIFICADOR.
	- SI ES VÁLIDO, SE GUARDA SILENCIO.
	- NO ES VÁLIDO, SE TRANSMITE UN GRUPO DE BYTES.
ESPERA SILENCIO.	
- SI OCURRE, SE CONSIDERA IDENTIFICADOR RECIBIDO.	
- SI NO, SE INTENTA NUEVAMENTE.	
SE ENVÍAN LAS ESCALAS.	
	SI SE RECIBEN ESCALAS, SE ENVÍAN NUEVAMENTE AL TRANSMISOR.
SE ESPERA REGRESO DE ESCALAS.	
- SI SON CORRECTAS, SE GUARDA SILENCIO.	
- INCORRECTAS, SE TRANSMITE UN GRUPO DE BYTES E INTENTA NUEVAMENTE.	
TRANSMITIR DERIVACIONES.	
	SE RECIBE IDENTIFICADOR DE DERIVACIÓN.
	- ES VÁLIDO, SE GUARDA SILENCIO.
	- NO ES VÁLIDO, SE TRANSMITE UN GRUPO DE BYTES.
ESPERA SILENCIO.	
- SI OCURRE, SE CONSIDERA IDENTIFICADOR RECIBIDO.	
- SI NO, SE INTENTA NUEVAMENTE.	
ENVÍA DERIVACIÓN.	
	AL RECIBIR EL NÚMERO CORRECTO DE DATOS SE ENVÍA RESPUESTA.
ESPERA RESPUESTA.	
- SI OCURRE, SE CONSIDERA DATOS RECIBIDOS.	
- SI NO, ENVIAR CEROS HASTA RECIBIR E INTENTAR NUEVAMENTE.	
FIN DE TRANSMISIÓN AUTOMÁTICA.	
ENVÍA IDENTIFICADOR DE FIN.	SE RECIBE UN IDENTIFICADOR DE FIN.
	- ES VÁLIDO, SE TERMINA ETAPA DE TRANSMISIÓN.
	- NO ES VÁLIDO, SE TRANSMITE UN GRUPO DE BYTES.
ESPERA SILENCIO.	
- SI OCURRE, SE CONSIDERA IDENTIFICADOR RECIBIDO.	
- SI NO, SE INTENTA NUEVAMENTE.	

Tabla 1. Protocolo usado para la transmisión del ECG capturado. Antes de enviar la señal electrocardiográfica, se envía la escala a la que fue digitalizada cada una de las derivaciones.

RECEPTOR	TRASMISOR
RETRANSMISIÓN DE DERIVACIÓN.	
	ENVÍA IDENTIFICADOR DE DERIVACIÓN POR RETRANSMITIR.
SE RECIBE UN IDENTIFICADOR DE DERIVACIÓN.	
- ES VÁLIDO, SE ENVÍAN DATOS DE LA DERIVACIÓN.	
- NO ES VÁLIDO, SE GUARDA SILENCIO.	
	ESPERA DATOS.
	- SI LA RESPUESTA ES COMPLETA, SE CONSIDERA DATOS RECIBIDOS.
	- NO, SE INTENTA NUEVAMENTE.
AL TERMINAR LA SESIÓN DE DERIVACIONES RETRANSMITIDAS.	
	ENVÍA IDENTIFICADOR DE FIN DE TRANSMISIÓN.
SE RECIBE UN IDENTIFICADOR DE FIN.	
- ES VÁLIDO, SE TRANSMITE UN GRUPO DE BYTES.	
- NO ES VÁLIDO, SE GUARDA SILENCIO.	
	ESPERA RESPUESTA.
	- SI OCURRE, SE CONSIDERA IDENTIFICADOR RECIBIDO.
	- SI NO, SE INTENTA NUEVAMENTE.

Tabla 2. Protocolo usado para la retransmisión de las derivaciones a solicitud del usuario.

Programas.

Además del protocolo para la transmisión, el programa del transmisor contempla las operaciones de marcado automático, repetición del marcado en caso de línea ocupada y reinicio de transmisión, sin repetir captura, cuando el operador decide abortar una transmisión. El programa del receptor permite a la PC conectarse a la línea después de un timbre de llamada, abortar automáticamente una llamada equivocada y abortar recepción por decisión del usuario.

El programa que permite a una PC realizar las funciones de transmisor se codifica en lenguaje C y contiene una rutina para almacenar en disco duro los ECG, además de rutinas similares a las que serán descritas para el transmisor basado en el μ C 68HC11.

El programa que controla el transmisor basado en el μ C 68HC11 se codifica en lenguaje ensamblador y se divide en subrutinas que se encargan de realizar las siguientes funciones:

- **Iniciación.** Configura y prepara para operación el puerto serie (incluye una rutina para atender interrupción), el convertidor A/D y la pantalla matricial (120 x 64, AND1021ST).
- **Desplegar pantallas de texto.** Esta función incluye la presentación del equipo, menús, instrucciones para el usuario e información referente al estado de la transmisión.
- **Digitalización y despliegue del ECG.** Esta rutina programa el contador de cuenta corrida del μ C para obtener un aviso cada 2 ms, en base a éste se ordenan los inicios de conversión A/D y se leen los valores convertidos. También se escalan y grafican los valores obtenidos.

- **Configuración del módem y control de transmisión.** En esta rutina se configura al módem para trabajar a 9600 bps, a una longitud de palabra de 8 bits, sin paridad y 1 bit de paro. Esta rutina también contiene el código correspondiente al marcado del número telefónico (hasta lograr la comunicación), a la parte transmisora del protocolo de comunicación, a la conmutación de datos a voz y a la posibilidad de cancelación por parte del usuario.
- **Control del teclado.** Se complementa con la rutina de presentación de textos para permitir la comunicación entre el μ C y el usuario.

El programa para la PC receptora se compone de las siguientes subrutinas o funciones:

- **Presentación.**
- **Recepción.** Configura al módem para recepción automática y prepara los espacios en memoria necesarios para almacenar los registros de ECG y datos clínicos, contiene la parte receptora del protocolo de comunicación, conmuta a voz para obtener los datos clínicos y permite la captura de éstos.
- **Desplegado del ECG.** Grafica en pantalla el ECG conforme está disponible en memoria y al final de la transmisión lo muestra nuevamente a petición del usuario.
- **Impresión.** Permite obtener copias en papel del ECG y datos clínicos, empleando una impresora láser o de inyección de tinta marca HP con resolución de 300 dpi, se imprime a una escala de 10 mm/mV y 25 mm/s.
- **Almacenamiento.** Para almacenar los datos clínicos (se muestran en la figura 3) y el ECG,

se requieren 25,233 bytes. Para esto, el programa trabaja con un archivo secuencial binario en el que graba automáticamente cada recepción.

- Ayuda. Mediante 5 pantallas de texto seleccionables, se proporciona al cardiólogo la información referente a los criterios de indicación, contraindicación relativa y contraindicación absoluta de la trombolisis.

VALIDACIÓN Y RESULTADOS

Para probar en campo los equipos desarrollados en base a PC, se transmitieron 140 ECGs desde la unidad de urgencias del Hospital General de Zona 29 y la unidad coronaria del Hospital de Especialidades del Centro Médico Nacional La Raza, ambos del IMSS. Se utilizó un electrocardiógrafo Kenz 103 para obtener el ECG. Los archivos producidos en las unidades transmisora y receptora se compararon byte a byte sin encontrar errores.

En los mismos registros y para validar el equipo, el personal médico de la unidad coronaria antes mencionada, comparó los electrocardiogramas obtenidos del electrocardiógrafo (ECG control) y del sistema de transmisión (ECG transmitido), buscando signos de infarto al miocardio, trastornos de ritmo y trastornos de conducción, el resumen de los casos detectados se muestra en las tablas 3, 4 y 5 respectivamente.

Se diagnosticó infarto al miocardio en evolución si en el trazo electrocardiográfico se apreciaban: isquemia subepicárdica (T negativa primaria), lesión subepicárdica (desnivel positivo del segmento ST \geq 1 mm en las derivaciones de miembros y/o \geq 2 mm en las precordiales) y necrosis (onda Q) en dos o más derivaciones concordantes.

Con el fin de probar el transmisor de uso específico en el laboratorio, se emplearon 2 líneas telefónicas y se transmitieron secuencias conocidas que comprendían valores numéricos entre 0 y 255 (el rango del convertidor A/D usado). Estas se verificaron, byte a byte, en los archivos producidos en el receptor sin encontrar error.

DISCUSIÓN:

En esta sección se comentan puntos referentes a: 1) La detección de errores. 2) La duración de la transmisión. 3) La validación del equipo. 4) La diferencia en el número de extrasístoles en el ECG control y el transmitido (Tabla 4). 5) La atención al paciente. 6) El equipo desarrollado.

- 1) Durante las pruebas efectuadas en forma simultánea al desarrollo del equipo, se determinó reducir al mínimo el trabajo que los programas de control realizan en cuanto a la detección y corrección de errores. Esta decisión se tomó porque: I) Los módems empleados cumplen con la norma CCITT V.32Bis que contempla el uso de redundancia para manejo de error. II) Al comparar los

INFARTOS	ECG control	ECG transmitido
EN EVOLUCIÓN	2	2
ANTIGUO	10	10

Tabla 3. Infartos detectados en el ECG de control y el transmitido.

TRASTONO DEL RITMO	ECG control	ECG transmitido
TAQUICARDIA SINUSAL	32	32
FIBRILACIÓN AURICULAR	9	9
BRADICARDIA SINUSAL	6	6
EXTRASÍSTOLES VENTRICULARES	4	3

Tabla 4. Trastornos de ritmo detectados en el ECG de control y el transmitido.

TRASTONO DE LA CONDUCCIÓN	ECG control	ECG transmitido
WOLFF PARKINSON WHITE	1	1
BLOQUEO FASCÍCULO ANTERIOR	20	20
BLOQUEO FASCÍCULO POSTERIOR	3	3
BLOQUEO RAMA DER.	9	9
BLOQUEO RAMA IZO.	4	4
BLOQUEO AV 1ER GDO.	2	2

Tabla 5. Trastornos de conducción detectados en el ECG de control y el transmitido.

archivos del transmisor y receptor no hubo diferencia alguna. III) Es posible actualizar el diseño usando módems que cumplan con la norma CCITT V.42 que considera ampliamente la detección y corrección de errores.

- 2) Una vez que se ha tomado el ECG y usando el transmisor, se requieren aproximadamente de 10 minutos para obtener el diagnóstico emitido por el cardiólogo. De este tiempo, alrededor de 1 minuto corresponde a la transmisión del ECG y el resto se usa para comunicar los datos clínicos, imprimir el trazo y efectuar el diagnóstico. No se realizaron mediciones exactas de la duración de cada transmisión, ya que dicha duración es mucho menor al tiempo necesario para efectuar el traslado del paciente.
- 3) De las pruebas realizadas se considera necesario remarcar que:

- No se realizaron mediciones eléctricas para determinar la calidad de la transmisión, ya que el diseño emplea módems

comerciales que cumplen con la norma CCITT V.32Bis.

- A pesar de que sólo se transmitieron 2 IME y 10 Infartos antiguos, se considera que el total de las transmisiones valida el sistema ya que las características de digitalización permiten hacer las mediciones necesarias. Se consideró que: I) La característica más fina que se busca es el desnivel del segmento ST > 1 mm. II) El sistema discretiza un rango de 5 V en 256 niveles y en el peor de los casos (ganancia 1) se obtienen pasos equivalentes a 0.39 mm.

4) Durante la validación, el personal médico detectó 4 extrasístoles ventriculares en el ECG de control y 3 en el ECG transmitido. Sucedió que se imprimió en el electrocardiógrafo (control) un segmento más largo que el transmitido. A raíz de esta experiencia y en base a la naturaleza de los trastornos de ritmo, se agregó a los equipos la posibilidad de trabajar un trazo de 15.36 s de la derivación II.

5) El uso de este tipo de transmisores permite atender certera y oportunamente al paciente que sufre infarto al miocardio.[12] De hecho es posible usarlos en el diagnóstico de diferentes cardiopatías.[4]

6) Se espera que los beneficios obtenidos por el paciente, la reducción de gastos derivada de una estancia menor en una unidad coronaria o de evitar un traslado innecesario y la sencillez del sistema, harán de éste un equipo altamente rentable.

Con pequeñas modificaciones será posible implementar otros servicios, por ejemplo la verificación remota del funcionamiento de marcapasos. En el caso del IMSS, esto permitirá eliminar el viaje que realizan el enfermo y un familiar desde diversas regiones del país hasta la capital, y como consecuencia la eliminación de incomodidades, riesgos y gastos que esto implica.

REFERENCIAS:

1. DeWood MA, Spores J, Notske R, Mouser LT, Burroughs R, Golden MS, Lang HT. Prevalence of total coronary occlusion during the early hours of transmural myocardial infarction. *N Engl J Med.* 1980 Oct 16; 303 (16): 897-902.
2. Secretaría de Salud D.G.E.I. México, 1996. Estadística de mortalidad general. URL: <http://www.cenids.ssa.gob.mx>
3. Davies MJ. Pathological view of sudden cardiac death. *Br Heart J* 1981 Jan; 45 (1): 88-96.
4. González JF, Robledo R, Alcedo JA, Vadillo E, Iturralde P, Colín L, Kershenovich S, de la Fuente F, Gershoni O. La electrocardiografía transtelefónica en México, reporte de los primeros 3434 casos. *Arch Inst Cardiol Mex* 1995 May-Jun; 65 (3): 207-15.
5. Nieves J, Infante O, Rodríguez G, Grife A, Domínguez C, Flores P, Polo S. Radiotransmisor de señales electrocardiográficas. *Rev Mex Ing Biomédica* 1990; 11 (1): 1-14.
6. Alvarado C, Hernández P, Leija L, Urrutia R. Módem para señales biológicas. *Rev Mex Ing Biomédica* 1992; 13 (1): 63-71.
7. Vicente E, López M, Rojas D, Hernández L. Red de módulos monitores para medicina crítica a través de línea de potencia de baja tensión. *Rev Mex Ing Biomédica* 1993; 14° (2): 9-16.
8. The CSE Working Party. Recommendations for measurement standards in quantitative electrocardiography. *Eur Heart J* 1985 Oct; 6(10):815-25.
9. Gutiérrez A. Sistema computacional para el análisis y clasificación de la señal electrocardiográfica en el diagnóstico de: infarto al miocardio y estado de una trombolisis, Tesis de Maestría, Sección de Bioelectrónica, Departamento de Ingeniería Eléctrica, CINVESTAV IPN, México, 1994.
10. Sanchez J, Canton MP. IBM Microcomputers. A programmer's handbook. Mc. Graw-Hill, Inc; 1990. p. 270-94.
11. Intel high speed data modem guide. Intel Corporation, 1993.
12. Karagounis L, Ipsen SK, Jessop MR, Gilmore KM, Valenti DA, Clawson JJ, Teichman S, Anderson JL. Impact of field-transmitted electrocardiography on time to in-hospital thrombolytic therapy in acute myocardial infarction. *Am J Cardiol* 1990 Oct 1; 66 (10): 786-91.



