

ASOCIACION ARGENTINA DE ARQUITECTURA E INGENIERIA HOSPITALARIA

CUARTO CONGRESO LATINOAMERICANO DE ARQUITECTURA E INGENIERIA HOSPITALARIA

APROVECHAMIENTO DE EQUIPOS DE AUTOMATIZACION DE EDIFICIOS EN LA SUPERVISION Y GESTION DE INSTALACIONES HOSPITALARIAS

Arq. Jayme Spinola Castro Neto *

1.- CONSIDERACIONES INICIALES

Un concepto actual para los edificios de elevada tecnología, - edificios donde son utilizados equipos automatizados para la realización de tareas de supervisión y gestión de sus instalaciones - considera un conjunto de sistemas operando de forma integrada que ofrecen una amplia gama de servicios a sus usuarios y la flexibilidad para la incorporación de nuevas tecnologías emergentes.

La concepción de un edificio de elevada tecnología abarca todas las actividades normales de proyecto de una edificación, desde el análisis de la viabilidad técnico/económica de la obra, en forma global, hasta los conceptos adoptados por la arquitectura para la implantación de los nuevos sistemas. Los proyectos arquitectónicos, de estructuras y de instalaciones, deben considerar las nuevas posibilidades y tener en cuenta las dimensiones de los equipos de alta tecnología, la interconexión de éstos, el cableado con rutas optimizadas e incluso consideraciones y previsiones de modularidad para expansiones futuras.

La fase siguiente de definición y dimensionamiento de los sistemas previstos o implantados, y de la concepción e integración de estos

sistemas - objetivando la flexibilidad, la racionalidad, una mejor eficiencia energética, el confort y la reducción de gastos entre otros beneficios - debe estar basada en un análisis de todas las necesidades de la edificación, de su funcionamiento, de sus usuarios y de un riguroso estudio de la relación costo/beneficio.

El objetivo que se busca con la integración de los sistemas en centrales de monitorización y supervisión de las instalaciones del edificio, basada en equipos de alta tecnología, es conseguir una sinergia, donde la suma de las prestaciones obtenidas debe ser superior a la suma de los productos de los sistemas en forma individual.

La justificación para el desarrollo del sistema y su posterior instalación en instalaciones hospitalarias, se relaciona con los beneficios, directos e indirectos, que serán obtenidos. Como beneficios directos es posible mencionar la economía, en los diversos tipos de consumo, que el sistema aporta a través de programas de racionalización de éstos. Un ejemplo puede ser la posibilidad de establecer un calendario permanente de operaciones de arranque-parada de los equipos de climatización, que evitará desperdicios, además de los beneficios en las tareas de mantenimiento, que la monitorización y la integración de los equipos aportan. Como beneficios indirectos está el sistema de alarmas y extinción de incendios entre otros.

Se estima que en edificios que cuentan con sistemas de estas características, procedimientos como los arriba mencionados, llevan a una economía de aproximadamente 20% solamente con los gastos de energía eléctrica que, añadido a los otros beneficios, amortizan las inversiones en los equipos de elevada tecnología, en un plazo comprendido entre 2 y 5 años.

Sin embargo, en el caso de los edificios hospitalarios, las prestaciones obtenidas con la monitorización de los diversos sistemas y la posibilidad de acceso a información acerca de todos los equipos - en tiempo real - son los más importantes beneficios, ya que propician la confianza total en los equipos y la certeza que serán evitadas "fallas" en los momentos críticos, una vez que, en el caso de algún equipo presentar un defecto, será posible cambiarlo, en tiempo hábil, por otro de reserva, sin comprometer el funcionamiento de los sistemas vitales, aspecto fundamental en edificios de esta naturaleza.

2.- CONCEPTOS DE LA AUTOMACION DE EDIFICIOS

Los sistemas de automación de edificios son responsables por la supervisión y operación de las instalaciones de las edificaciones. Estas instalaciones deben ser divididas de la siguiente forma:

- * Utilidades: Tienen por objetivo propiciar más confort a los usuarios y optimizar los costos de operación de las instalaciones. Están concentradas en este grupo las instalaciones de energía eléctrica (normal y de emergencia), instalaciones hidráulicas, de acondicionamiento de aire y transporte verticales.

- * Seguridad: Estas instalaciones pueden dividirse en dos gru-

pos: incendios y patrimonial. La protección contra incendios cuenta con detección, alarmas, señalización de rutas de escape y apoyo al combate de incendios. En el segundo grupo están las instalaciones de seguridad patrimonial: protección perimetral contra intrusiones, control de accesos, circuito cerrado de televisión, etc.

Los actuales sistemas de automatización de edificios presentan una arquitectura distribuida, con alto nivel de integración entre los sistemas de infraestructura. Esta arquitectura (fig. 1) está basada en centrales de operación y supervisión y unidades de control distribuidas. (Spinola, 1991).

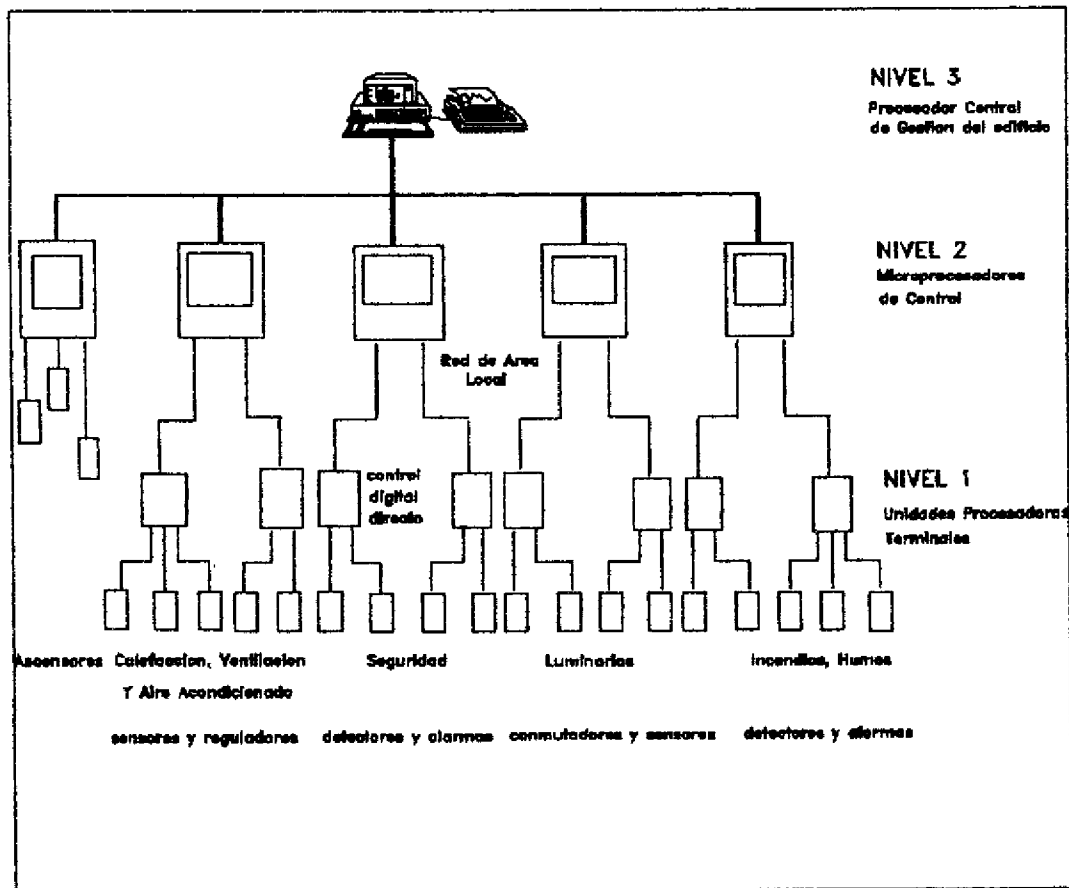


Figura 1 - Sistema de Control Distribuido. (Spinola, 1991)

Las centrales de operaciones pueden ejecutar funciones sistémicas dedicadas, por ejemplo: una central para el procesamiento de señales de detección y apoyo al combate de incendios y otra para el procesamiento de señales de intrusión, o aún acciones multidisciplinarias, abarcando varias tareas en una central única.

Las nuevas líneas filosóficas optan, según Grievs (Grievs, 1992), por la independencia entre la central responsable por la supervisión

por la independencia entre la central responsable por la supervisión de las diversas instalaciones del edificio y la central de seguridad, no solamente por la diferencia de disciplinas para las personas que van a operar en las mismas, sino también por la prioridad que señales de alarma deben tener sobre las demás como forma de evitarse fenómenos deceptivos causados por las interferencias electromagnéticas y las falsas alarmas. Sin embargo, aunque independientes físicamente, las centrales deben estar integradas entre sí, con la sinergia entre los sistemas descripta entre las posibilidades de cada sistema.

Las unidades de control distribuidas (controladoras o unidades remotas), realizan la interfase entre los equipos de campo. Son responsables por la adquisición, procesamiento y control de datos a nivel local, comunicándose entre sí y con las centrales de operaciones, a través de las redes de comunicación. Estas unidades son autónomas y ejecutan todas las funciones para las cuales han sido programadas, independientes de la interferencia humana.

3.- LOS PRINCIPALES AVANCES EN LOS CONCEPTOS DE AUTOMACION Y LA APLICACION EN LOS EDIFICIOS HOSPITALARIOS

Para el análisis de estos avances se toma como base la subdivisión propuesta en el tópico anterior para las aplicaciones de la automación de edificios entre 3.1 - Utilidades y 3.2 - Seguridad.

3.1 - UTILIDADES

3.1.1. - Racionalización de consumos

El comportamiento energético de las edificaciones puede, según Marte (Marte, 1992), analizarse y controlarse a partir de la caracterización de las variables y del conocimiento de los procesos inherentes a la operación, cuyas funciones pueden ser automatizadas.

Bajo este punto de vista y considerando que esta energía es la necesaria para producir la habitabilidad - se excluye aquí la parte consumida por las actividades de los usuarios, el 25% según Lomardo (Lomardo, 1989) - es posible caracterizar los principales procesos de las edificaciones, siendo las variables principales:

- A) Area eléctrica: tensión, corriente, potencia y frecuencia de grupos electrógenos, transformadores, motores y tarificados.
- B) Area hidráulica: niveles de aljibes, presión en líneas de distribución, consumo de agua.
- C) Iluminación: distribución, eficiencia de los equipos (lámparas y accesorios) y "dimerización".
- D) Acondicionamiento ambiental: humedad, control del flujo de aire, temperatura, horarios de funcionamiento y termoacumulación.

Para las operaciones de "retrofit" realizadas con el objetivo de

racionalizar el consumo de energía de las instalaciones de climatización, responsables por un consumo energético próximo al 40% del total de los edificios, son utilizados los llamados "Sistemas de Gestión de Energía" (EMS), basados en la monitorización de los parámetros de consumo por equipos de elevada tecnología.

Según Bauer (Bauer, 1988), más del 80% de los edificios comerciales existentes en la actualidad, han sido construidos antes de 1970 y, por lo tanto, antes del embargo del petróleo (1973). Estos edificios son, en gran parte, superdimensionados e ineficientes en cuanto al consumo energético. Según Kelly (Bauer, 1988), los edificios comerciales construidos durante los últimos diez años son considerados más eficientes, en el aspecto energético, que sus predecesores. Estos antiguos edificios son, de esta manera, serios candidatos a un estudio para mejorar su eficiencia energética. Respecto de la climatización, el Electro Power Research Institute - EPRI - (Bauer, 1988), estima que es posible ahorrar 300 trillones BTUs por año, con la instalación de equipos EMS en los edificios.

En cuanto a la iluminación, que puede significar según Marte (Marte, 1992), el 40% del consumo total de energía del edificio, la preocupación, para que el proyecto de iluminación sea eficiente, es fundamental en la política de conservación de energía.

Básicamente, de acuerdo con el mismo autor, (Marte, 1992), es posible aumentar, y mucho, la eficiencia energética de los edificios utilizando de manera racional la iluminación, considerando las variables propuestas con anterioridad y mejorando la eficiencia de los equipos (lámparas y accesorios).

En el estudio "A Influência de Sistema de Automação no Comportamento Energético das Edificações" (Marte 1992), se analiza el comportamiento energético de grandes edificios comerciales y centros de compra, con el abordaje de las características siguientes:

caso A: edificación con sistema de automación y conservación de energía;

caso B: edificación con sistema de automación;

caso C: edificación con políticas de conservación de energía;

caso D: edificación sin preocupación con conservación de energía y automación,

demuestra las ventajas obtenidas con las políticas de conservación de energía y automación, ya que en ambos casos la mejor eficiencia energética ha sido en aquéllos donde existe la conjugación de esfuerzos de concepción arquitectónica y medios de control, con la reducción significativa del porcentaje en el consumo energético, como demuestra el gráfico (figura 2), para la operación de edificaciones.

En el área de la racionalización de los consumos todavía, y en el caso específico de los edificios hospitalarios, existe una amplia gama de productos que, a través de un estudio profundo de sus variables, posibilitan lograr resultados considerables. Entre ellos se pueden mencionar: gases medicinales, aire comprimido, vapor, GLP, entre otros.

músculos de su unión con los huesos.

- Susceptibilidad, Parámetros importantes.

Los efectos descriptos hasta aquí son para condiciones bien definidas. Para las consideraciones de seguridad valores mínimos son preferidos a valores medios

- Variabilidad del umbral de percepción y corriente "Let-go" (de retiro)

Asumiendo distribuciones gaussianas el valor medio del umbral de percepción es de 1.1 mA para hombres y de 0.7 mA para mujeres. El mínimo umbral de percepción es de 500 μ A.

Para la corriente "Let-go" el valor medio es de 16 mA para hombres y 10.5 mA para mujeres. El mínimo es de 9.5 mA para hombres y 6 mA para mujeres.

- Frecuencia.

La mínima corriente "Let-go" ocurre a las frecuencias más utilizadas industrialmente 50 y 60 Hz., observándose un aumento del umbral a frecuencias inferiores a 10 Hz y superiores a 100 Hz.

- Duración.

Los umbrales de corriente para producir fibrilación ventricular en animales se incrementa en forma importante para shocks que tienen una duración de menos de 1 segundo. Se sabe que el corazón es más vulnerable a la fibrilación durante los 100 ms del ciclo cardíaco que corresponde a la onda T en el ECG. Shocks de corta duración, aplicados en otro momento del ciclo cardíaco, tienen umbrales superiores.

- Peso del cuerpo.

Diversos estudios con animales muestran que el umbral de fibrilación se incrementa con el peso. De todos modos debe tenerse cuidado con la extrapolación de éstos resultados sobre humanos.

- Puntos de entrada

Cuando se aplica corriente a dos puntos de la superficie del cuerpo sólo una fracción pequeña fluye a través del corazón. Estas corrientes grandes aplicadas externamente dan lugar a lo que se ha llamado **macroshock**. La magnitud de la corriente que produce fibrilación es mayor cuando la corriente se aplica sobre la superficie del cuerpo que cuando se aplica directamente al corazón. El umbral externo también depende de los puntos de entrada.

La protección que ofrece la piel ($15\text{ K}\Omega$ a $1\text{ M}\Omega/\text{cm}^2$) muchas veces es eliminada en el ámbito hospitalario debido a la introducción de elementos conductores a través de la piel o estableciendo un camino de conducción eléctrica entre el interior y el exterior del organismo. Al eliminar la resistencia de la piel es obvio, de acuerdo a la ley de Ohm, que necesitaremos menos tensión para producir el mismo efecto fisiológico.

Especialmente riesgosa es la situación que establece un punto de contacto pequeño directamente entre el corazón y el exterior (puede estar en cualquier parte del cuerpo). La densidad de corriente en el punto de contacto puede ser muy elevada y por ejemplo puede inducirse fibrilación en perros con corrientes tan pequeñas como $20\text{ }\mu\text{A}$. En humanos con catéteres intracardíacos el rango que produce fibrilación se halla entre 80 y $600\text{ }\mu\text{A}$. Esta situación se conoce como **microshock**. El umbral de seguridad aceptado es de $10\text{ }\mu\text{A}$. Los pacientes expuestos a esta situación se llaman pacientes susceptibles eléctricamente.

- Riesgos de macroshock

La elevada resistencia de la piel seca y la distribución espacial de la corriente a través del cuerpo cuando una persona recibe un shock eléctrico son dos factores que reducen el peligro de fibrilación ventricular. Además el equipamiento eléctrico es diseñado para minimizar la posibilidad de contacto humano con tensiones peligrosas.

- Resistencia del cuerpo y de la piel

La resistencia de la piel limita la corriente que puede fluir a través del cuerpo de las personas cuando la misma entra en contacto con una fuente de tensión. La resistencia de la piel varía enormemente de acuerdo a la cantidad de aceite natural y agua presente. Es inversamente proporcional al área en contacto. La mayor parte de la resistencia de la piel se debe a la cubierta callosa externa de la epidermis. Por cada cm^2 de contacto eléctrico con la piel seca e intacta, la resistencia varía desde $15\text{K}\Omega$ a casi $1\text{M}\Omega$ dependiendo de la zona del cuerpo, humedad y transpiración presente. Si la piel se moja o se daña, la resistencia cae a valores tan bajos como el 1% del valor para piel seca. Por otro lado la resistencia interna del cuerpo es de alrededor de 200Ω por cada extremidad y de alrededor de 100Ω por el tronco. Así la resistencia interna entre 2 extremidades cualquiera es de alrededor de 500Ω . Estos valores son probablemente más elevados para pacientes obesos dado que la resistencia específica de la grasa es mayor. Realmente, la distribución de la corriente en los distintos tejidos del cuerpo no es muy bien conocida.

Cualquier procedimiento médico que reduce o elimina la resistencia de la piel incrementa la posibilidad de circulación de corriente y hace más vulnerable al paciente a macroshocks. Por ejemplo, la crema para electrodos para medir biopotenciales reduce la resistencia de la piel. Lo mismo ocurre con los termistores ubicados en la boca y el recto, los catéteres que contienen fluidos que pueden actuar como conductores y los cateteres que contienen electrodos metálicos.

- Fallas eléctricas en equipos.

Todos los equipos eléctricos están diseñados para minimizar los riesgos de exposición a tensiones peligrosas. De todas formas muchos equipos poseen gabinetes y chasis metálicos, los que, de no poseer conductor de tierra pueden originar una situación de macroshock si

simultáneamente se produce una falla en la aislación del equipo y una persona toca el equipo y un objeto a tierra.

Esto explica la necesidad de utilizar el conductor de tierra conectado a tierra y al conductor neutro en el panel de distribución eléctrica. De este modo cuando ocurre una falla eléctrica entre el conductor "hot" y el chasis la corriente fluye en forma segura por el conductor de tierra. Si la resistencia del conductor de tierra es muy baja, el potencial entre el chasis y cualquier objeto a tierra es despreciable (hay normas al respecto). Durante el funcionamiento normal del equipo corrientes muy pequeñas circulan a través del conductor de tierra. El cable de tierra del equipo y de la red de distribución debe ser periódicamente chequeado, ya que su desconexión o pobre contacto no altera el funcionamiento del equipo en lo que respecta a su utilización, pero si altera las condiciones de seguridad eléctrica. Es importantísimo no permitir la existencia de cables y fichas dañadas o de calidad dudosa, prolongadores en el piso y montados en materiales de dudosa aislación, y adaptadores de cualquier tipo. Los líquidos tales como sangre, orina, soluciones IV, pueden conducir la corriente eléctrica y causar cortocircuitos o fallas de aislación en el caso de derramarse en el interior de equipos eléctricos.

- Riesgo de microshock

Los accidentes de microshock en pacientes susceptibles eléctricamente, con conexiones eléctricas directas al corazón, se originan usualmente en circunstancias que no tienen nada que ver con el riesgo de macroshock. El microshock resulta de corrientes de fuga en equipos operados desde la línea eléctrica o de diferencias de potencial entre superficies conductoras debido a circulación de corrientes importantes en el sistema de tierra.

- Corrientes de fuga

Se llaman así a las pequeñas corrientes (en el orden de los μA) que fluyen entre conductores

adacentes que se encuentran a diferente potencial La mayoría de éstas corrientes en equipos operados desde la red eléctrica fluye através de la capacitancia entre conductores,pero también circulan por la aislación,polvo y humedad(fuga resistiva).

La fuente más importante de corrientes de fuga es la que fluye desde todos los conductores en el dispositivo eléctrico a los terminales conectados al paciente o al chasis.

La corriente de fuga al chasis fluye,de existir,por el conductor de tierra en forma segura.Si la tierra es defectuosa o se abre,luego,el potencial del chasis se incrementará y si un paciente toca el chasis y posee una conexión al corazón que permita la circulación a tierra de la corriente recibirá un microshock.

- Superficies conductoras.

La diferencia de potencial entre dos superficies conductoras cercanas al paciente puede causar microshock si una superficie entra en contacto con el corazón y la otra con cualquier parte del cuerpo.

- Caminos de conducción al corazón.

Los siguientes elementos pueden hacer susceptible al paciente a microshocks

1)Electrodos de marcapasos externos.

2)Electrodos para dispositivos que permiten obtener ECG intracardíacos.

3)Cateteres ubicados en el corazón y llenos de líquido para medir presión sanguínea,extracción de muestras de sangre,o inyección de sustancias de contraste o drogas dentro del corazón.

En el caso de cateteres con electrodos intracavitarios el factor que define el umbral de fibrilación es la densidad de corriente.A menor superficie de contacto del catéter,menor es la corriente necesaria para fibrilar Los catéteres más pequeños tienden a ofrecer resistencias internas mayores.

Lo explicado hasta aquí muestra la necesidad de los controles periódicos en instalaciones y equipos

Para el control de las instalaciones eléctricas es imprescindible contar con pinza amperométrica con escalas adecuadas a las corrientes a

medir, multímetro, osciloscopio, cofímetro, voltímetro, amperímetro, frecuencímetro, secuencímetro medidor RLC, densímetro, termómetro y todas las herramientas con una adecuada aislación para el trabajo a realizar (baja, media o alta tensión).

Deberán efectuarse cortes periódicos seccionales para realizar las tareas de control técnico de tableros eléctricos generales, salas de transformadores e interruptores.

A continuación vamos a exponer los controles necesarios a realizar en el equipamiento médico y los equipos utilizados para su control.

- Control técnico del equipamiento electromédico

En el ámbito hospitalario nos encontramos con una gran cantidad de equipos que cumplen funciones diversas y que son de distinta complejidad. Algunos cumplen funciones de soporte para la vida, otros son herramientas de diagnóstico, algunos forman parte de procedimientos de tratamiento. La constante para todos ellos es que deben funcionar en condiciones óptimas durante toda su vida útil, garantizando una adecuada atención del paciente.

Para lograr esto se deben utilizar mecanismos de evaluación objetivos (especificaciones, mediciones) para determinar si el equipo puede ser utilizado en forma segura y cumpla con su función.

- Instrumental necesario.

Al instrumental indicado para el control de las instalaciones eléctricas debemos agregar otros específicos para esta aplicación

Es necesario contar con un osciloscopio digital con memoria de un ancho de banda adecuado y de excelente calidad, con sus accesorios: puntas de alta tensión, punta de corriente, punta X1 y X10. En lo posible deberá contar con interfaz a computadora, para facilitar el archivo de formas de onda para su posterior evaluación y comparación, y su eventual registro en un plotter.

Un multímetro de banco que permita medir los distintos parámetros eléctricos con interfaz a computadora que permitirá con un software adecuado la realización de mediciones automáticas durante períodos de tiempo establecidos. Por ejemplo permitirá el control de una grabadora Holter a la cual podrá medirse el consumo eléctrico durante 24 hs. mientras se realiza un grabado de ECG obtenido desde un simulador. Dicho registro podrá almacenarse en la PC e imprimirlo en un printer.

Se deberá contar con multímetros de mano (hand-held), con sus accesorios (puntas de distintas formas y dimensiones, punta de alta tensión, pinza amperométrica conectable al mismo, sensor de temperatura), generador de funciones y frecuencímetro de banco, medidor de aislación, tacómetro, calibre, micrómetro, luxómetro.

El contar con un analizador de espectro y un analizador lógico puede resultar muy costoso. Para los casos en que la información disponible del equipamiento médico permita el uso de éstos analizadores podrían obtenerse los mismos en préstamo o alquiler.

Resulta imprescindible el poseer una computadora de última generación en lo posible conectada en red para poder recibir solicitudes desde los distintos servicios y establecer una comunicación fluida con los distintos usuarios, liberando el tiempo que habitualmente se utiliza en las conversaciones telefónicas. Asimismo la PC permitirá el uso de una base de datos donde se registrará todo el equipamiento bajo atención. Esto último es de vital importancia para poseer una historia de cada equipo, detectándose fallas repetitivas, problemas de uso reiterados, cambios

de partes, costos, mano de obra empleada, periodos de garantía, fechas de control y todo dato de utilidad para la ubicación y verificación del equipamiento.

Es necesario además contar con un juego de herramientas adecuado para cada Ingeniero y técnico.

Una estación de soldado y desoldado es de suma utilidad para la realización de trabajos delicados. En lo posible uno de los bancos de trabajo poseerá todo lo necesario para el trabajo con dispositivos sensibles a descargas electrostáticas.

En el caso de tener que controlar plantas de tratamiento de agua es necesario contar con medidor de conductividad compensado en temperatura

Como criterio general deberá analizarse servicio por servicio el equipamiento involucrado para definir las variables que deberán medirse para comprobar el correcto funcionamiento del equipo y así definir la obtención de cualquier otro instrumento de medición necesario.

Se deberá contar con un sector destinado a almacenar y clasificar la información bibliográfica, manuales técnicos y de usuario, standards, manuales de componentes y catálogos de repuestos.

Otro sector estará destinado a almacenar y clasificar los repuestos, sobre los que habrá un estricto control sin dificultar su acceso ante situaciones impredecibles

Es imprescindible contar con los testers y simuladores de equipamiento electromédico que se mencionan a continuación:

- 1) Calibrador de sistemas de presión sanguínea invasiva
- 2) Calibrador de sistemas de presión sanguínea no invasiva.
- 3) Analizador de electrobisturías
- 4) Simulador de ECG con arritmias.

- 5) Simulador de temperatura.
- 6) Simulador de gasto cardíaco.
- 7) Simulador de respiración (Frecuencia respiratoria).
- 8) Analizador de desfibrilador.
- 9) Analizador de seguridad eléctrica automático.
- 10) Analizador de respiradores.
- 11) Simuladores de presión estáticos.
- 12) Manómetro aneroide de precisión.
- 13) Manómetro electrónico
- 14) Tester para bombas de infusión
- 15) Analizador de marcapasos.

En los casos que se cuente con capacitación, información y repuestos originales para la atención de equipos de alta complejidad podrá contarse con los siguientes elementos:

- 1) Medidor de potencia de ultrasonido.
- 2) Equipo para medición no invasiva de equipos de rayos X (KVp, Tiempo, dosis, tasa de dosis, mAs y visualización de formas de onda)

Es conveniente, que los analizadores de equipamiento posean interfaz a PC, para permitir la medición automática y archivo de la información obtenida

Esta característica es vital en el analizador de seguridad eléctrica. Resulta muy útil contar con un sistema de inventario con código de barras y un lector de código de barras que pueda conectarse al analizador de seguridad para que antes de efectuar cualquier medición se identifique el equipo a controlar en forma unívoca, rápidamente y sin error.

- Aplicaciones y ejemplos de la utilización del instrumental de medición.

En éste punto se detallarán aplicaciones y ejemplos de algunos de los instrumentos de medición citados en éste trabajo.

- Control de una grabadora Holter.

En algunas oportunidades los usuarios de éstos dispositivos manifiestan que las baterías se agotan antes de finalizar el estudio de Holter de 24 hs La medición de consumo en un instante determinado no ofrece ninguna garantía de que a lo largo de su período de funcionamiento no aumente el consumo de corriente. Por lo tanto se requiere simular la situación real. En nuestro caso lo logramos colocando la grabadora con el supuesto desperfecto a funcionar, registrando un holter desde un simulador de ECG, midiendo simultáneamente la corriente y la tensión de baterías mediante un multímetro de banco con interfaz RS-232C a computadora. Se utilizaron baterías idénticas a las utilizadas en el trabajo diario. Se seleccionó un periodo de muestreo adecuado, midiéndose la I media, I máxima, e I mínima. Luego se obtuvo mediante un printer, un gráfico de la variación de la corriente y la tensión a lo largo del tiempo. Los valores obtenidos fueron comparados con los indicados en el manual del holter. Al finalizar la prueba la cinta grabada fue analizada en el lector de Holter para verificar que la grabación no haya sufrido ninguna alteración.

Este análisis demostró que la grabadora funcionaba perfectamente y que probablemente el inconveniente se haya debido a alguna batería defectuosa (fig. nº 1).

- Estudio comparativo de baterías de 9v (Alcalina versus Zinc/Air).

En el área de telemetría se utilizan baterías de 9v. Se hizo necesario realizar una evaluación costo-duración de dos tipos de baterías. Se descartó una tercera opción (batería de mercurio) por su toxicidad.

La carga utilizada fue un telémetro idéntico a los utilizados en el sector de telemetría y se le

conectó un simulador de ECG Se obtuvieron gráficos comparativos(fig. nº 2).Se comparó con los datos suministrados por el fabricante de las baterías y la información de duración de las baterías suministrada por el fabricante de los telémetros.En nuestra aplicación no se justificó el uso de las baterías Zinc/Air por su elevada relación costo/duración.Además en éstos momentos habría que realizar una importación para contar con éste tipo de baterías Estas baterías son ideales para aquellos equipos a los que no se tiene acceso para cambiarlas por alrededor de 4 días.

- Control de un equipo para ablación por radiofrecuencia

En éste caso se trata de determinar sin lugar a duda la potencia entregada por un equipo para ablación por radiofrecuencia Además deberá medirse la frecuencia,y la potencia de las señales cuya frecuencia se encuentre por debajo de los 50 Khz(que producen neuroestimulación).Para éste estudio se utilizó un osciloscopio con memoria digital y un analizador de electrobisturí en el que se seleccionó una resistencia de carga de 100Ω .

Se obtuvo la forma de onda de la señal entregada por medio de una PC conectada al osciloscopio y un plotter.

Se comprobó que los valores obtenidos correspondían a los indicados por el equipo e indicados en las especificaciones del mismo.El gráfico de la señal resulta muy ilustrativo ya que en el mismo vemos claramente la forma de onda y podemos medir tensión pico y frecuencia.(fig.nº 3).

- Control de Desfibriloscopios.(fig.nº 4).

Las características de la aplicación de ésta clase de equipo,hace que sea de vital importancia un control periódico y minucioso de los mismos.Es imprescindible contar con un analizador de desfibriladores,un analizador de seguridad eléctrica,un simulador de ECG,un osciloscopio con memoria y una punta de alta tensión.

Se debe medir la energía liberada, la tensión pico, la corriente pico, graficar la forma de onda liberada a una carga de 50Ω verificando que responda a la especificada por el fabricante en tipo y duración, y el tiempo de sincronización.

Se debe controlar el perfecto estado de conectores, cables de conexión y electrodos de desfibrilación. En el caso de ser operado desde baterías deberá ejercerse un control muy frecuente de las mismas para asegurarse que su capacidad (Ampere-hora) se mantenga intacta mientras éste en servicio.

Se medirá el consumo, resistencia de aislación, resistencia del cable de tierra, corrientes de fuga y se efectuarán descargas sobre la impedancia del analizador para comprobar la efectiva liberación de energía.

Periódicamente deberán ser desensamblados para comprobar que no haya ninguna aislación deteriorada, ni falsos contactos que son muy peligrosos dada las altas tensiones en juego.

Si el equipo posee un tester incorporado, se controlará el mismo con el analizador de desfibriladores, y luego se instruirá al personal médico y de enfermería para que diariamente efectúe controles de la energía liberada.

- Control de un sistema de monitoreo de presión sanguínea invasiva.

En éste caso se utilizará un generador de presiones estáticas y un simulador de presiones dinámicas.

La comprobación incluye al transductor de presión, el cual siempre deberá ser aislado del paciente, para eliminar cualquier posibilidad de ingreso de aire al sistema circulatorio del paciente. Cualquier prueba a realizar no deberá contaminar el transductor ni las tubuladuras de conexión al paciente.

El simulador de presiones dinámicas permite verificar el correcto funcionamiento del conjunto

transductor-tubuladuras-llaves de tres vías-preamplificador-amplificador y elementos de salida, en lo que a la respuesta en frecuencia se refiere. Este sistema permite, si se desea, la evaluación del sistema incluyendo un cateter del tipo Swan-Ganz.

Permite simular distintas formas de onda de presión fisiológicas y una señal de ECG sincronizada con la onda de presión

Puede ser utilizado para el entrenamiento del personal de enfermería para lograr un correcto preparado del circuito de medición (eliminación de burbujas, posicionamiento correcto del transductor respecto del punto de medición, ajuste del cero y ganancia).

El simulador de presiones estáticas se utilizará para una primera y rápida comprobación del sistema, o antes situaciones de emergencia en las cuales se requiere una rápida detección del componente defectuoso (transductor, cable de conexión, tubuladuras de conexión, preamplificador).

- Testeo de seguridad eléctrica. Aplicación del analizador de seguridad eléctrica.

Este test debe ser utilizado en forma sistemática en el control de todo el equipamiento de una institución de salud. El analizador de seguridad eléctrica facilita enormemente la realización de las mediciones necesarias para verificar las condiciones de seguridad eléctrica.

Este analizador permite seleccionar la norma bajo la cual se controlará el equipamiento (IEC-601-1 o VDE 751.1), la clase de equipo (clase I o clase II), y el tipo de equipo (Tipo B, BF, CF)

La clase I posee una conexión de tierra protectora.

La clase II son de doble aislación (carcaza plástica).

El tipo B posee conexiones al paciente no aisladas

El tipo BF posee conexiones al paciente aisladas.

El tipo CF posee conexiones al paciente aisladas y es apto para aplicaciones cardíacas directas.

El analizador de seguridad eléctrica puede ser operado en forma manual o automática.

Permite medir corrientes de fuga a tierra, corrientes de fuga a paciente (en sus distintas modalidades), corriente de fuga cuando se aplica tensión a los electrodos que se conectan al paciente, comprobar el procesamiento de la señal de ECG normal y arritmias, controlar la respuesta en frecuencia con señales auxiliares (senoidal, triangular, pulso, cuadrada), mide consumo de corriente, tensión, resistencia de aislación, resistencia del cable de tierra (con corrientes de 1 o 10 A).

Todas estas mediciones pueden ser impresas en una tira (ticket) o una impresora externa (Fig. 5).

Todas las mediciones pueden ser almacenadas en memoria y luego gracias a la interfaz

RS-232C enviadas a una PC para ser volcados a una base de datos.

El equipo posee, también, una interfaz para lector de código de barras, lo que agiliza la identificación del equipamiento

- Informes técnicos y conclusiones

Todos los controles realizados se volcarán en informes técnicos claros, concisos y objetivos. Los mismos deberán incluir una opción donde se indicará claramente si el equipo queda en servicio en condiciones óptimas para su utilización o por el contrario debe ser retirado de servicio

La figura n° 6 muestra un informe técnico tipo.

A los mismos se adjuntarán los datos obtenidos con los analizadores de equipamiento médico.

Queremos concluir este trabajo señalando la importancia que tiene el análisis profesional de los factores involucrados en la atención a pacientes en una institución de salud moderna, donde cada día se utiliza más equipamiento.

La Ingeniería y Bioingeniería son las que tienen que analizar y resolver la utilización de los

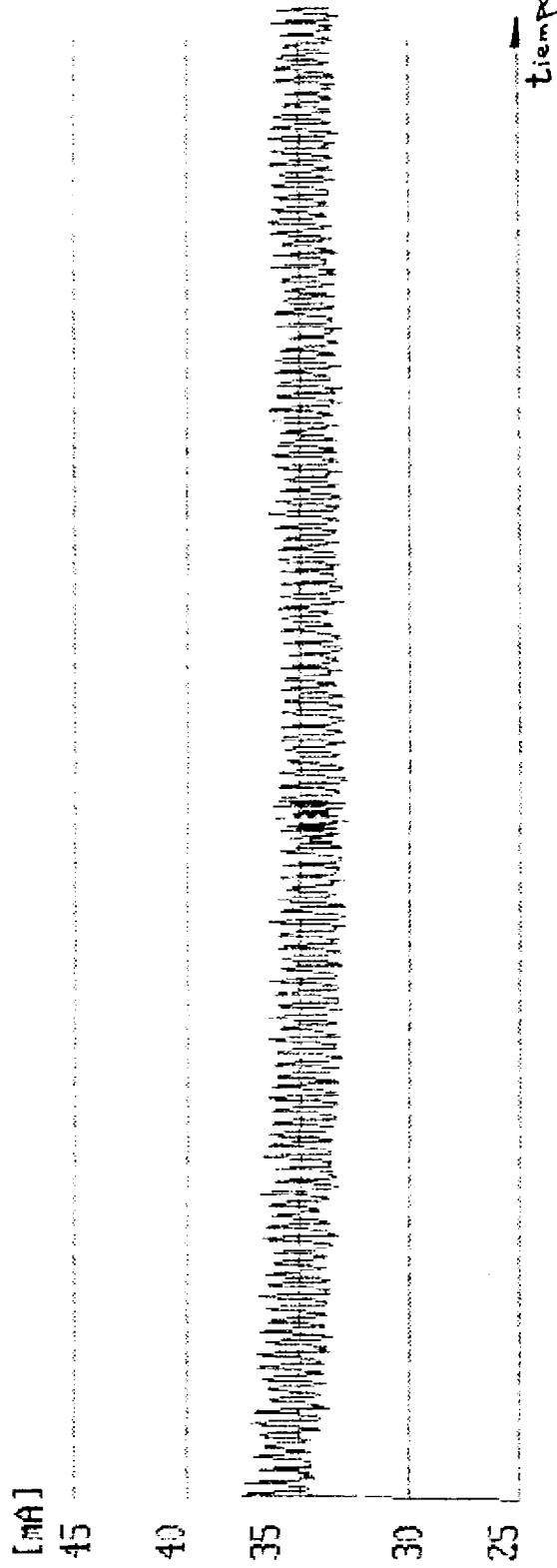
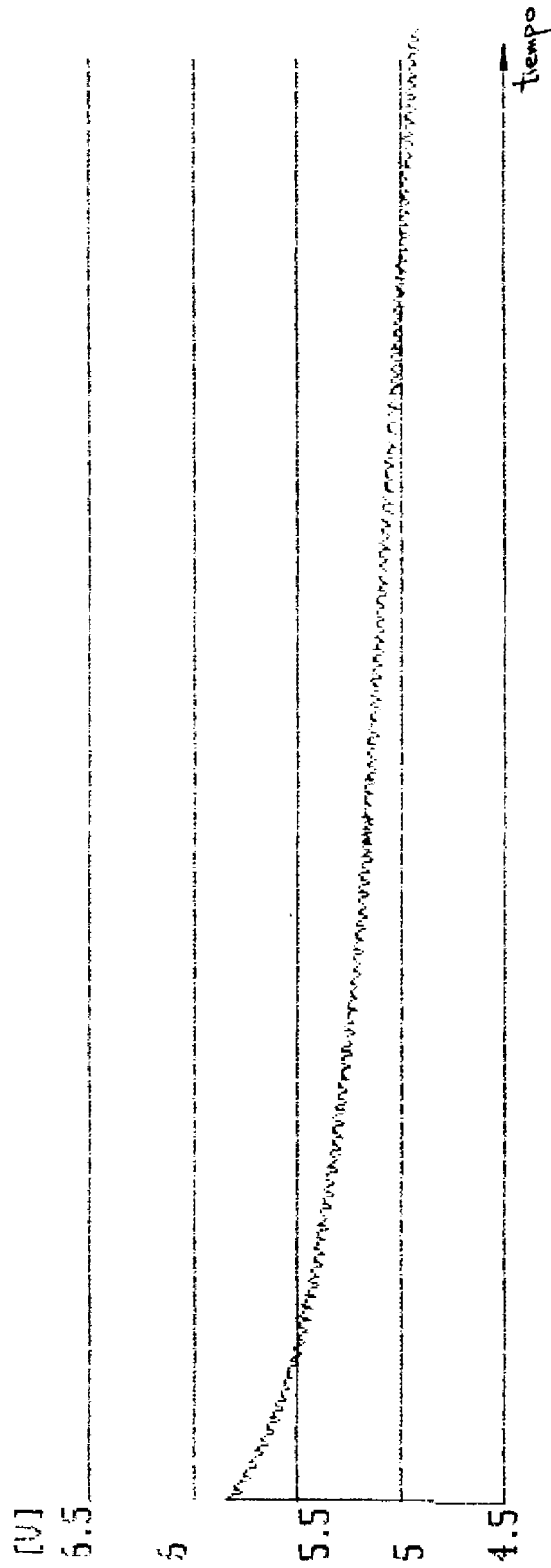
avances tecnológicos aplicados a la medicina; en estrecha colaboración con los médicos, en un trabajo interdisciplinario; única forma de obtener soluciones adecuadas y seguras para cada necesidad.

Equipo: Holter 4000III
MS: 4311820

Corriente [mA]: 33.557
Tensión [V]: 4.915

Hora Inicio: 17:12:15
Ult. Medicion(): 08:11:45

Fig. Nº 1



608 Mediciones Almacenadas

I Maxima: 37.524	I Promedio: 34.470	I Minima: 28.527
------------------	--------------------	------------------

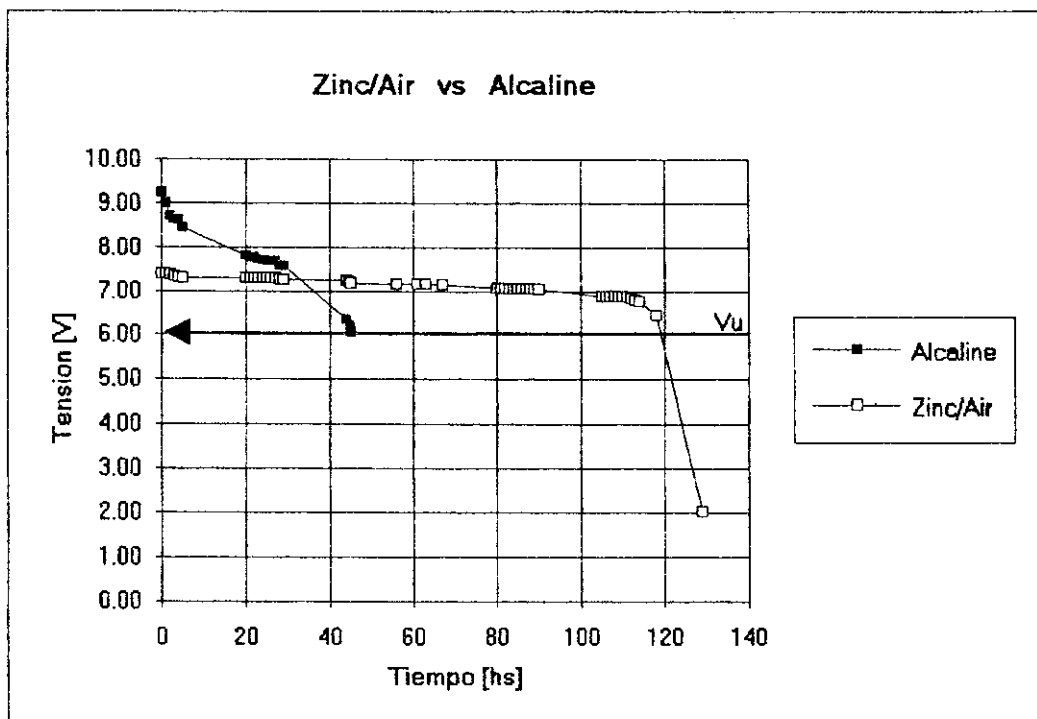
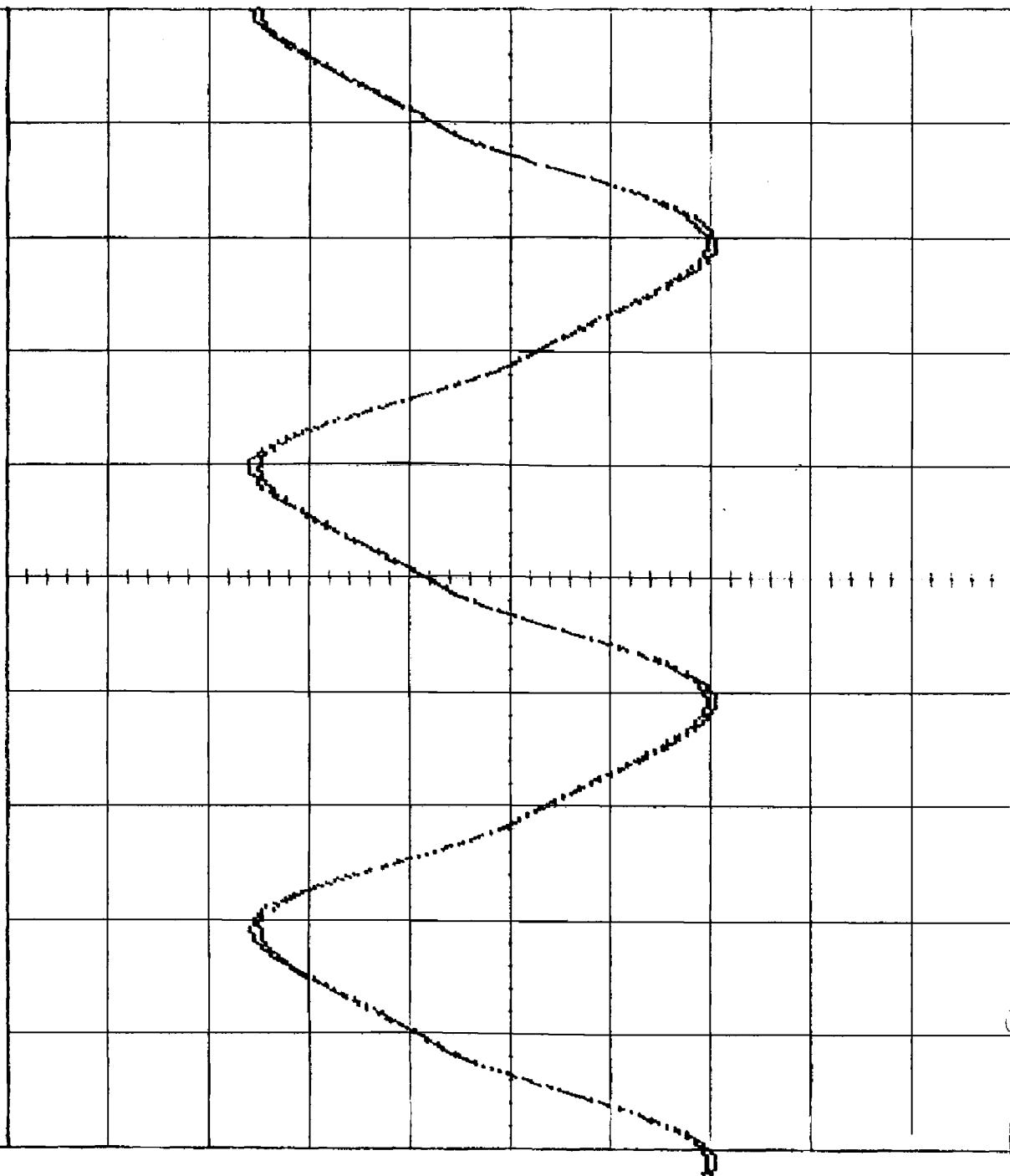


Figura No. 2

Salida a maxima potencia



CRV1
50 V
500 ns
SAMPLE

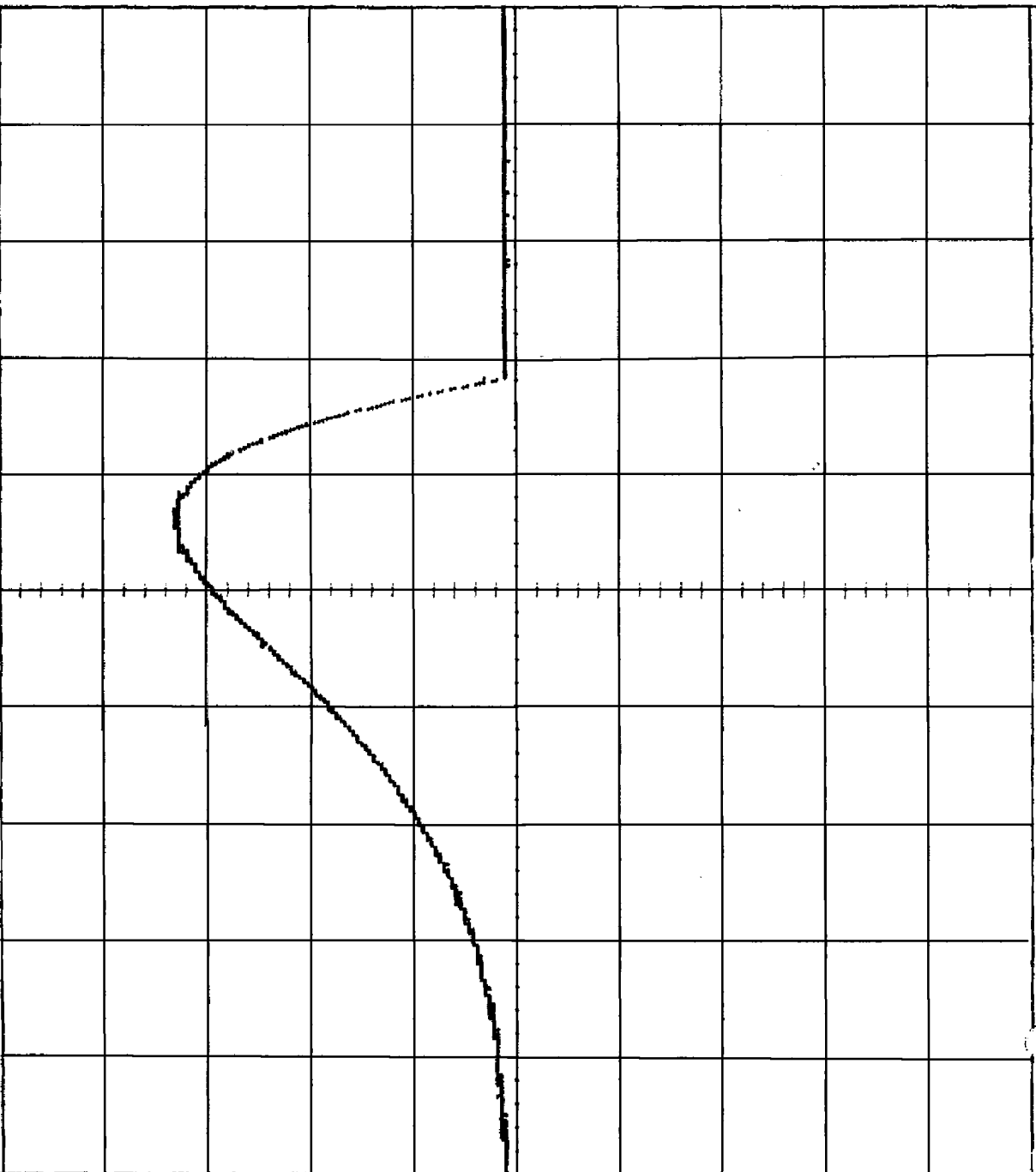
CRV2

CRV3

CRV4

Fig. N° 3

Curva de Descarga - 100 μ - 50 Ohms - Atenuacion x1000



Defibrilador Thercard 400 - NS: 1765 - B Tek QED5=96 1571V 31A

CRV1
500 mV
1 mS
AVERAGE

CRV2

CRV3

CRV4

Fig.Nº4

BID-TEK INSTRUMENTS INC.
19-08-93
10:31:05
CONTROL#:
PROCEDURE ID:
WORKCODE:
LOCATION:
DEVICE TYPE:
MANUFACTURER:
TECHNICIAN:Tassi
CLASS I, TYPE CF

IEC 601-1

MAINS VOLTAGE :
L1-EARTH : 225.7 Volts
L2-EARTH : 1.0 Volts
L1-L2 : 225.2 Volts

PROTECTIVE
EARTH RESISTANCE :
TEST CURRENT: 10 AMPS
104 OHM [1.200]

INSULATION RESISTANCE:
L1,L2-CASE 999.9 MOHM
[20]

AP-INSULATION RES:
CASE-ALL 999.9 MOHM
[50]

CURRENT CONSUMPTION :
0.2 AMPS
Norm Pol,Earth,L2

EARTH LEAKAGE : [uA]
NORM POL 39.8 [500]
NO L2 72.1 [1000]
REV POL 32.9 [500]
NO L2 72.0 [1000]

ENCLOSURE LEAKAGE : [uA]
NORM POL 1.4 [100]
NO L2 1.4 [500]
NO EARTH 39.8 [500]
REV POL 1.4 [100]
NO L2 1.4 [500]
NO EARTH 32.9 [500]

PATIENT LEAKAGE :
ALL -EARTH: [uA]
NORM POL 0.0 [10]
NO L2 0.0 [50]
NO EARTH 2.3 [50]
REV POL 0.0 [10]
NO L2 0.0 [50]

Fig.N°5a.

NO EARTH 1.9 [50]

Mains on AP: [uA]

NORM POL 10 [50]

REV POL 10 [50]

AUXILIARY CURRENT: [uA]

NORM POL

RA-ALL 0.0 [10]

RL-ALL 0.0 [10]

LA-ALL 0.0 [10]

LL-ALL 0.0 [10]

V1-V6-ALL 0.0 [10]

AUXILIARY CURRENT: [uA]

NORM POL

NO L2

RA-ALL 0.0 [50]

RL-ALL 0.0 [50]

LA-ALL 0.0 [50]

LL-ALL 0.0 [50]

V1-V6-ALL 0.0 [50]

AUXILIARY CURRENT: [uA]

NORM POL

NO EARTH

RA-ALL 0.0 [50]

RL-ALL 0.0 [50]

LA-ALL 0.0 [50]

LL-ALL 0.0 [50]

V1-V6-ALL 0.0 [50]

AUXILIARY CURRENT: [uA]

REV POL

RA-ALL 0.0 [10]

RL-ALL 0.0 [10]

LA-ALL 0.0 [10]

LL-ALL 0.0 [10]

V1-V6-ALL 0.0 [10]

AUXILIARY CURRENT: [uA]

REV POL

NO L2

RA-ALL 0.0 [50]

RL-ALL 0.0 [50]

LA-ALL 0.0 [50]

LL-ALL 0.0 [50]

V1-V6-ALL 0.0 [50]

AUXILIARY CURRENT: [uA]

REV POL

NO EARTH

RA-ALL 0.0 [50]

RL-ALL 0.0 [50]

LA-ALL 0.0 [50]

LL-ALL 0.0 [50]

V1-V6-ALL 0.0 [50]

Fig. №5b

Comments:

Unit Passed All tests.

ELAPSED TIME: 00:09:33

Fig.N°5c

DIVISION INGENIERIA BIOMEDICA
SECCION INSTRUMENTACION MEDICA (SIM)

INFORME TECNICO

Informe N°:	Fecha:
Servicio:	
Solicitante:	
Equipo	Marca:
Modelo:	N° de serie:
	N° de inventario:
Accesorios:	
Falla manifestada:	

Tareas y control realizado			
	SI		NO
Control de funcionamiento	☐		☐
Control de seguridad eléctrica	☐		☐
Control técnico preventivo:	☐		☐
Control técnico correctivo:	☐		☐
Control técnico ante falla	☐		☐
Control técnico predictivo:	☐		☐
Fecha:	Controló:		Recibió:
	Legajo n°:		Legajo n°:
Tiempo empleado:			
	SI		NO
OK para puesta en servicio:	☐		☐
Fecha próximo control:			
Tarea realizada:			
Instrumental empleado:			
Materiales empleados:			

Fig. N° 6