

núcleo de ingeniería biomédica

de las Facultades de Medicina e Ingeniería, Universidad de la República
Núcleo de Ingeniería Biomédica tel.: +598 1953 interno 4406
Hospital de Clínicas, piso 15, 11600 Montevideo, URUGUAY www.nib.fimed.edu.uy

Curso de Ingeniería Clínica
1^{er} prueba parcial, 2^{do} semestre 2023
29 de setiembre 2023

Escribir las respuestas con claridad. La prueba es individual y tiene una duración de dos horas. Escribir nombre, CI y fecha en cada hoja de respuesta y numerarlas. Una vez finalizada la prueba subir, habiendo recibido la anuencia de los docentes, las hojas escaneadas, en un único archivo PDF al sitio EVA del curso.

1. Gestión de mantenimiento de equipos biomédicos - 10 puntos
 - a. En el contexto de la ingeniería y de la gestión de equipos, se utilizan los términos "fallo" y "mantenimiento" para describir diferentes aspectos del rendimiento de un sistema. Defina estos dos términos y explique cómo se relacionan con la confiabilidad y el rendimiento de los equipos. Proporcione dos ejemplos concretos para ilustrar sus definiciones y explicaciones (3 puntos).
 - b. Describa y mencione la importancia del *registro sistemático de toda actividad relacionada a equipos bajo Servicio Técnico en un medio accesible, perdurable y respaldado (Documentación de actividades de ST)* (2 puntos)
 - c. Al elegir un CMMS se plantean las opciones de incorporar al hospital un software "open" o de contratar una aplicación de uso industrial adaptada a la salud. Indique, en una tabla, ventajas e inconvenientes de cada una de las opciones en un marco de referencia para tomar la decisión por uno o por otro, dictada por las circunstancias y los recursos disponibles. Tenga en consideración los factores de tiempo, costo, confiabilidad, rendimiento, seguridad y documentación (3 puntos).
 - d. La historia clínica de cada equipo biomédico comprende todos los elementos significativos para su buena gestión. Indique las etapas del ciclo de vida de un equipo biomédico representándolas en una gráfica. Liste las variables que incluiría en la historia clínica con las cuáles organizaría la línea de tiempo ¿qué decisiones que debe tomar el ingeniero biomédico consultando la historia clínica de cada equipo? ¿Cuáles son las relaciones temporales del ciclo de vida de un equipo biomédico? (2 puntos).
2. Pregunta 2 - MTTR y MTBF -10 puntos.
 - a. En un hospital de atención especializada, se encuentra Usted a cargo de la gestión de un parque de equipos biomédicos que consta de 400 unidades vitales para el funcionamiento del centro médico. El promedio de las acciones de mantenimiento preventivo es de cuatro horas por equipo, con una frecuencia promedio de verificaciones de una vez cada seis meses. Con el objetivo de asegurar el óptimo funcionamiento de estos equipos, estimar cuántos colaboradores técnicos en ingeniería biomédica son necesarios para llevar a cabo estas tareas de mantenimiento preventivo. Considere que cada puesto de trabajo implica una carga de 20 horas a la semana, 52 semanas al año, y que se otorgan 20 días hábiles de licencia por año a cada técnico. Además, se espera que el mantenimiento preventivo ocupe en promedio el 50% del tiempo de cada técnico y contemple un 10% adicional por causas fortuitas e inesperadas (2 puntos).

- b. En 2020 el Departamento de Ingeniería Clínica del Hospital en el que Usted trabaja dio mantenimiento a 1000 bombas de infusión (BI) y se les realizaron en conjunto 250 reparaciones. ¿Cuál es el MTBF? En 2021 el MTBF mejoró 20%, 2022 no aumentó y en 2023 (hasta la fecha) otro 10% ¿Qué observaciones le merece este resultado? (2 puntos).
- c. Con respecto al parque de BI de la parte (3b), tomando el MTBF de 2020 y sabiendo que el MTTR es de 7 días y que las bombas deben estar operativas en 50 camas con 2 BI c/u, qué cantidad de BI redundantes le propondría comprar a la gerencia del Hospital? Presente las alternativas en una Tabla 1, especificando para cada cantidad de equipos redundantes, la cantidad de días en que una o dos camas quedarían sin BI operativa, en promedio, a lo largo de un año (3 puntos).

Tabla 1

BI	MTBF	MTTR	Cantidad BI - días fuera de uso	Cantidad camas sin BI por lo menos un día	Cantidad de días sin alguna BI
1000					

- d. Compare los MTBx locales contra los regionales: ¿qué porcentaje es el desempeño de nuestro Servicio con referencia a la media de latinoamérica?. El MTBVR del hospital en el que Usted trabaja para los respiradores Puritan Bennett 840 es 300 días. Sin embargo, la casa matriz indica que en latinoamérica el indicador promedio es de 450 días. ¿Qué significa ese porcentaje? (3 puntos)

3. Instalaciones hospitalarias (eléctrica, agua y gases medicinales) - 10 puntos

- a. Se proyecta la construcción de un block quirúrgico de 3 salas de operación, para las cuales se seguirá la normativa de instalaciones eléctricas de baja tensión de la entidad reguladora uruguaya (UTE). Teniendo esto en cuenta, describa qué medidas de seguridad eléctrica deben instalarse en este sector del hospital (2 puntos).
- b. El block quirúrgico requiere tomas de gases medicinales para llevar a cabo distintos procedimientos. Se debe contar con tomas de oxígeno, aire comprimido medicinal y vacío medicinal. Describa en un diagrama las etapas de generación de uno de estos gases medicinales. Mencione las consideraciones específicas a tener en cuenta, desde el punto de vista del mantenimiento y la disponibilidad de estas instalaciones. En caso de necesitar mucha movilidad en una de las salas, ¿qué tipo de poliductos considera la mejor opción? (3 puntos).
- c. Considerando que el proyecto incluye 3 salas de procedimientos quirúrgicos, discuta la opción de tener un único transformador de aislamiento como medida de seguridad para todas las salas, en contraposición a tener uno por sala (2 puntos).
- d. Ya puesto en funcionamiento el block quirúrgico y con varios meses de funcionamiento, usted realiza una visita al sector y nota que en una de las salas hay un letrero en un tomacorrientes que dice “no desconectar equipo”. Interrogando al personal usted se entera que el equipo que está conectado al tomacorrientes debe tener su batería siempre cargada, ya que éste es muy sensible a las oscilaciones del voltaje en la instalación eléctrica y se apaga de forma inesperada. Justifique de qué forma (o formas) solucionaría usted este problema (3 puntos).

4. Elementos de Metrología física y legal - 10 puntos

- a. Explique la importancia de la metrología en el contexto de equipos biomédicos. Proporcione ejemplos específicos de cómo la falta de precisión en la medición podría afectar la calidad de los diagnósticos (2 puntos).
- b. ¿Cómo se obtiene el “valor de referencia” para calibrar un instrumento? (3 puntos).
- c. Se desea realizar un procedimiento de calibración y ajuste de un equipo biomédico, para lo cual se realiza la siguiente serie de medidas de la tabla 2 utilizando un instrumento ajustado con una trazabilidad bien determinada. Complete las columnas de la tabla 2 calculando los errores y los valores corregidos (5 puntos).

Tabla 2

Valor de ref (Vr)	Valor de lectura (XL)	Err. de cal (E)	Valor de lectura (XL)	Err. de cal. (E)	Val. corregido (Xc)
0,0 ± 0,1	0,3 ± 0,5		0,0 ± 0,5		
5,0 ± 0,1	5,5 ± 0,5		2,3 ± 0,5		
10,0 ± 0,1	9,8 ± 1,0		6,5 ± 0,5		
15,0 ± 0,1	15,0 ± 1,0		8,2 ± 0,5		
20,0 ± 0,1	19,5 ± 1,0		11,2 ± 1,0		
			16,0 ± 1,0		
			19,7 ± 1,0		