

Management and Evaluation of Biomedical Equipment and Installations at CAMEC, Tertiary Hospital of Uruguay.

Student Author Carlette Duarte¹, Conference Author Fabiola Martinez²,
Natalia Garay³ and Franco Simini³

¹Estudiante del XXXII Seminario de Ingeniería Biomédica 2023.

²Conferencista del Seminario del día 02/05/2023 de título “Ingeniería Clínica en el contexto de la Salud del siglo XXI con énfasis en países periféricos”, Detalles de filiación del conferencista como National Institute of Research, Engineering School, National University, City, Country.

³Docentes del XXXII Seminario de Ingeniería Biomédica 2023.

Abstract— The *Centro Asistencial de la Asociación Médica del Este de Colonia (CAMEC)*, third level hospital in Uruguay, includes clinical engineering by starting a biomedical engineering semestral internship program. The 851 strong inventory was augmented with variables that allow easy management such as probably future discording date, preventive and corrective management tasks as well as the link to the complete record of each biomedical equipment. In the 10 outpatient facilities, in the Colonia hospitals and in the third level hospital in Rosario 41% overall of the equipment are 10 years old or more. The adoption of the Computerized Maintenance Management System (CMMS) by Limble allows efficient documentation of maintenance actions in all locations of the institution. The interdisciplinary interaction of the engineering add was strengthened by the full time student intern.

Keywords— Biomedical Engineering, Clinical Engineer, Medical Technology, Medical Technologies and Systems Evaluation, Latin America, Equipment Management, Biomedical Engineering Internship.

Resumen— El Centro Asistencial de la Asociación Médica del Este de Colonia (CAMEC), hospital de tercer nivel en Uruguay, integra la ingeniería clínica al incorporar estudiantes avanzados de Ingeniería Biomédica que realizan su internado semestral de Ingeniería Biomédica. Fue completado el inventario de los 851 equipos biomédicos incluyendo variables que facilitan la gestión como la fecha probable de baja, detalles de mantenimientos preventivos y correctivos y su conexión con la historia clínica de cada equipo. En las 10 sedes de atención en policlínica, el sanatorio de Colonia y el Hospital de tercer nivel en Rosario se distribuyen los equipos biomédicos con 41% de equipos de más de 10 años. La introducción de un sistema de gestión CMMS (*Computerized Maintenance Management System*) Limble permiten agilizar y documentar las acciones de mantenimiento en todas las sedes de la institución. La interacción interdisciplinaria con el personal de salud del jefe de ingeniería se vio reforzada por las tareas de la estudiante interna.

Palabras clave— Ingeniería Biomédica, Ingeniería Clínica, Tecnología Médica, Evaluación de Tecnologías y Sistemas, América Latina, Internado de Ingeniería Biomédica.

I. INTRODUCCIÓN

Formar un amplio ámbito profesional para la Ingeniería Biomédica en el siglo XXI es una realidad que radica en la interdisciplina del pensamiento tecnológico y de la medicina. La Ingeniería Biomédica y su especialidad de gestión, la Ingeniería Clínica, incluye la incorporación, mantenimiento y dada de baja de equipos biomédicos además del diseño y gestión de las instalaciones en hospitales [1]. Sin Ingeniería Clínica en las instituciones de salud, aumentan los costos o disminuye la disponibilidad y confiabilidad de los dispositivos médicos, o ambos efectos [1]. El equipamiento biomédico debe garantizar que los procedimientos se realicen con seguridad y con un mínimo de riesgo tanto para pacientes como para operadores [2].

La Gestión de Tecnología Médica es fundamental para garantizar la costo-eficiencia y la calidad de los equipos médicos, por este motivo el uso de herramientas informáticas debe ser considerado para facilitar el control de la información obtenida y generar indicadores cuantitativos para analizar el desempeño del equipo biomédico [3].

En Uruguay, a través de la Universidad de la República se establece un convenio de estadías a Internos de Ingeniería Biomédica (IIB) con el Centro Asistencial de la Asociación Médica del Este de Colonia (CAMEC) para asumir tareas

prácticas en el hospital con un referente institucional y bajo supervisión académica de docentes [1] con la finalidad de gestionar la disponibilidad, eficiencia y seguridad eléctrica de los equipos biomédicos y de las instalaciones eléctricas, telemáticas y de gases medicinales, aplicando criterios de ingeniería clínica.

Acorde a la propuesta de trabajo en colaboración entre la Facultad de Ingeniería y CAMEC se comienza el Internado de Ingeniería Biomédica (IIB) de 6 meses de duración el 18 de abril del 2023, incorporándose a la institución mediante un contrato laboral.

CAMEC es un sistema integrado de 10 policlínicas o centros de salud que brindan el primer nivel de atención, un complejo de medicina preventiva, curativa, de tratamiento (CAMEC Colonia) y el Sanatorio de Rosario que atiende los tres niveles de atención sanitaria. CAMEC Rosario opera dos Institutos de Medicina Altamente Especializada (IMAE) financiados por el Fondo Nacional de Recursos: Unidad Quirúrgica de Reemplazo Articular y Técnicas de hemodiálisis. CAMEC Rosario cuenta con una red de distribución para gases medicinales entubados, aire medicinal y quirúrgico y sistemas de vacío medicinal desde las unidades de almacenamiento hasta las tomas en todas las camas del sanatorio. Las instalaciones eléctricas aseguran que CAMEC cuente con energía confiable e ininterrumpida, a través de un grupo electrógeno de emergencia, protección termomagnética, interrupción diferencial, sistemas de distribución y tableros de aislamiento en áreas críticas de cuidado del paciente.

La distribución hidráulica proviene de la red de OSE, actualmente va a tres tanques, se filtra y distribuye a los sectores del hospital, en el caso del Centro de Hemodiálisis tiene además una línea directa y se realiza el tratamiento de osmosis inversa doble paso.

CAMEC tiene una infraestructura de sistemas y comunicaciones dentro del complejo hospitalario en Rosario como hacia las policlínicas distribuidas en el territorio del departamento de Colonia en un radio de 50 km aproximadamente, integrando una red corporativa privada que permite una buena gestión interna y una oportuna atención al paciente, priorizando la protección de datos personales. El manejo de imágenes médicas en CAMEC adopta el protocolo estándar de Imagen Digital y Comunicación en Medicina (DICOM) que optimiza el flujo de trabajo en las modalidades de imagenología e historia clínica.

CAMEC es una institución pionera en el tratamiento de residuos hospitalarios, a través de su propia planta industrial de residuos que garantiza la eliminación de microorganismos patógenos, minimizando riegos biológicos y costos de transporte de desechos.

El área de Mantenimiento provee la gestión técnica y de restauración de la infraestructura, cuenta con la asesoría continua de Ingeniería de planta, responsable de la funcionalidad del edificio y de los sistemas. Además de asegurar la disponibilidad de los equipos biomédicos que, si bien se usan hojas de cálculo de Excel, forma parte de la gestión digital. CAMEC se inclina por introducir un Sistema de Gestión de Mantenimiento Computarizado (CMMS) profesional que permita recibir información apropiada, completa y eficiente como base para una gestión documentada, eficiente y rápida de los activos de la institución.

El proyecto de gestión en equipos biomédicos implica, además de los desafíos técnicos, aspectos de tiempo de desarrollo y costos de mano de obra y componentes [4].

Por esta razón se establece la necesidad de asegurar la mejora del acceso, la calidad y el uso de equipos biomédicos y de tecnologías sanitarias. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS) [5] esta meta comprende cuatro componentes fundamentales: la disponibilidad, la accesibilidad, la idoneidad y la asequibilidad. Nos proponemos cumplir estas necesidades en el caso de CAMEC a fin de maximizar su efectividad.

El objetivo de este trabajo es identificar, proveer, evaluar, regular, estandarizar y reemplazar el equipo biomédico del conjunto de policlínicas y hospital de CAMEC. Este trabajo será realizado implementando procedimientos de gestión y control, optimizando los recursos, promoviendo la aplicación segura y efectiva de la tecnología, dando elementos para la toma de decisiones estratégicas. Nos proponemos contribuir a la eficiencia y sostenibilidad del Hospital Terciario de inversión privada CAMEC-IAMPP en el departamento de Colonia, en Uruguay.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Las tecnologías sanitarias son fundamentales en un sistema de salud operativo [5]. CAMEC cuenta con más de 800 equipos biomédicos, con actualizaciones continuas, cuya mayoría se encuentra en el Sanatorio de Rosario.

La primera tarea consistió en la recopilación inicial de los datos existentes y una visita a todos los sectores de CAMEC Rosario.

En segundo lugar, se formuló una propuesta de reforma y actualización al inventario de equipos. Este inventario permitirá una asignación adecuada de tiempo y recursos de mantenimiento con seguridad y eficacia.

En tercer lugar, se propuso la confección y seguimiento de la historia clínica de cada equipo biomédico. Esta modalidad permite ofrecer información técnica útil de la tecnología disponible que permita una búsqueda rápida, la accesibilidad al historial, a los manuales de uso y a los informes de reparación.

En cuarto lugar, será desarrollada la obtención a demanda de indicadores de análisis de calidad, protegiendo la inversión realizada y proyectando la gestión en el futuro.

Se tomaron en cuenta las necesidades y tasas de uso de los equipos biomédicos. Se previó el fácil acceso a los registros e historia de los equipos optimizando la reevaluación frecuente de la información.

En la **Tabla I** se presentan las variables que componen el inventario vivo de equipos biomédicos, tomando como referencia el documento de Gestión de Inventarios de Equipo Médico Expedido por la OMS [5].

El inventario distingue el equipo industrial hospitalario, el equipo biomédico dado de baja y el equipo biomédico en uso, con énfasis en este último.

TABLA I
DATOS DEL EQUIPO.

Elemento	Descripción
Número de inventario	Número único asignado a cada equipo
Identificador alfanumérico	Combinación de números y letras que dan una identificación única a cada equipo
Número de serie	Identificador único del artículo (asignado por el fabricante)
Radio	Se identifica la ubicación del equipo entre las policlínicas y la sede en Rosario.
Descripción	Tipo de equipo utilizando una nomenclatura uniforme y estándar
Sector	Se identifica la ubicación dentro del complejo hospitalario previamente descrito
Marca	Identifica la empresa que fabrica el artículo, indicando su nombre, dirección y datos de contacto
Modelo	Identificador único de la línea de productos (asignado por el fabricante)
Fecha de compra	Se usa para calcular los valores de depreciación o determinar la sustitución/obsolescencia.
Fecha de Baja Prevista	Fecha apta para la evaluación de un programa de reemplazo al equipo biomédico que cumplió con sus años de vida útil
Servicio correctivo	Proporciona información sobre el proveedor de servicio de mantenimiento.

Aportando al inventario funcional que permita monitorear y evaluar el uso del equipo biomédico, resulta necesario establecer la normalización de la Nomenclatura como lenguaje común para definir y dar nombre a estas tecnologías [6] facilitando su vinculación, clasificación, registro, búsqueda, regulación e informe. Evitando confusiones, regularizando el intercambio de equipos, permitiendo la accesibilidad de los servicios de atención médica que requieren el uso constante de las tecnologías sanitarias.

Los sistemas más utilizados para esta tarea de manera internacional son la nomenclatura global de los productos sanitarios [7] (GMDN) y la nomenclatura universal de equipos médicos [8] (UMDNS).

Para ayudar en la planificación y adquisición de equipos almacenados en el sistema de Gestión de Tecnologías Sanitarias se establece la nomenclatura UMDNS, propiedad de ECRI Institute [9] por tener mayor alcance dentro de las profesiones de salud, permitiendo que todo el personal que tenga contacto con el equipo lo identifique.

A partir de esto, de acuerdo con las recomendaciones de gestión de inventarios de equipo biomédico que brinda la OMS, se asigna a cada equipo un código alfanumérico de identificación de inventario único, tal como XXXX-YYYY, para poder identificarlo inequívocamente entre todos los equipos inventariados. Incluyendo una numeración codificada indicando abreviaturas del nombre técnico del producto establecido con UMDNS, XXXX, y el número secuencial del equipo, YYYY.

En el 2018 CAMEC adquiere el Sistema de Gestión de Mantenimiento por Hexa [10] empresa uruguaya, respondiendo a la necesidad de tener una base de datos informática que ayude eficazmente a la gestión y el mantenimiento de los equipos biomédicos. Este sistema se mantuvo en pausa a medida que avanzó la Pandemia COVID-19 y con ello llegaron otros problemas para los cuales se encontraron soluciones, quedando únicamente como sistema para generar órdenes de servicio generales para el personal de Mantenimiento.

En 2023 se retoma la implementación de Hexa con la finalidad de mejorar la gestión. El proyecto de capacitar a los funcionarios de Mantenimiento no pudo ser realizado hasta la actual implementación del inventario. En la transferencia de información al Sistema de Mantenimiento se presentaron dificultades que no permitieron su puesta en producción, dado que la versión utilizada se encuentra desactualizada.

Requiriendo una plataforma de servicio que incluya consultoría de apoyo para mejorar la utilización del sistema, así como un servicio óptimo y actualizado, se exploran otras alternativas de gestión de mantenimiento, como el sistema de gama mundial, Limble [11].

En la decisión entre adoptar o desarrollar un Sistema de Gestión Computarizado (SGC) es importante tener en cuenta múltiples factores, como los recursos técnicos y financieros en el ámbito de la realidad en la cual tiene que operar [3].

Algunos indicadores para la selección del CMMS fueron:

1. Debe estar claramente especificado y definido.
2. Cómo hace operativas las actividades necesarias para alcanzar los objetivos de trabajo.
3. Administración de activos y piezas.
4. Medio de identificación de equipos.
5. Flujo de información y órdenes de trabajo.
6. Estrategia de mantenimiento.
7. Resguardo, informes y análisis de los datos de activos.
8. Disponibilidad, integración, implementación y licencia.
9. Información sobre el proveedor de servicio de mantenimiento.
10. Servicio técnico de entrenamiento y atención al usuario.
11. Evaluación de la eficiencia de producción.
12. Registro de facturas y órdenes de compra.
13. Mejora continua.

III. RESULTADOS

Se logró un desempeño adecuado del ciclo de gestión de las tecnologías médicas plantea una situación de satisfacción y con tendencia a la mejora continua de los procesos, pasando de un proceso parcial, al seguimiento continuo del ciclo de vida del equipo biomédico.

Se evaluó el estado actual de instalaciones y equipos, se adecua el inventario de acuerdo con la regularización de una nomenclatura, añadiendo un identificador único a cada equipo y respondiendo a los parámetros de elección para una plataforma de gestión.

Algunas especialidades utilizan más los equipos biomédicos contribuyendo a la intervención y diagnóstico médico, Fig.

4. El Block Quirúrgico es el departamento de CAMEC que opera la mayor cantidad de equipos biomédicos.



Fig. 4: Grafica de barras de acuerdo con la cantidad de equipos biomédicos que manejan algunos sectores de CAMEC en Rosario, Colonia.

De acuerdo con el análisis de características basado en requisitos funcionales e interactuando con los sitios, se opta por el sistema que englobe las herramientas evaluadas y los procesos realizados.

Finalmente, CAMEC resuelve adoptar el CMMS de la empresa Limble que contribuye a que los mantenimientos preventivos y correctivos se realicen bien, en tiempo y forma con un sistema fácil de usar que ayude a administrar, automatizar y optimizar todas las operaciones de mantenimiento de equipo biomédico.

Con la implementación de este CMMS y la realización del inventario, CAMEC dispone de un sistema sobre el cual basar la toma de decisiones referentes a la gestión de equipos biomédicos, cuyos beneficios pueden resumirse en un soporte sólido del registro de información basada en eventos con herramientas de proyección al futuro, Fig. 1.



Fig. 1: Información del activo que permite la accesibilidad al historial, a los manuales de servicio y a los informes de reparación, con indicadores de análisis de calidad como herramienta de proyecciones a futuro.

La Fig. 2 es una captura de pantalla del CMMS Limble en la cual se ven las variables a ingresar para cada uno de los equipos biomédicos. De esta manera, se completó el ingreso de 851 equipos biomédicos de CAMEC.

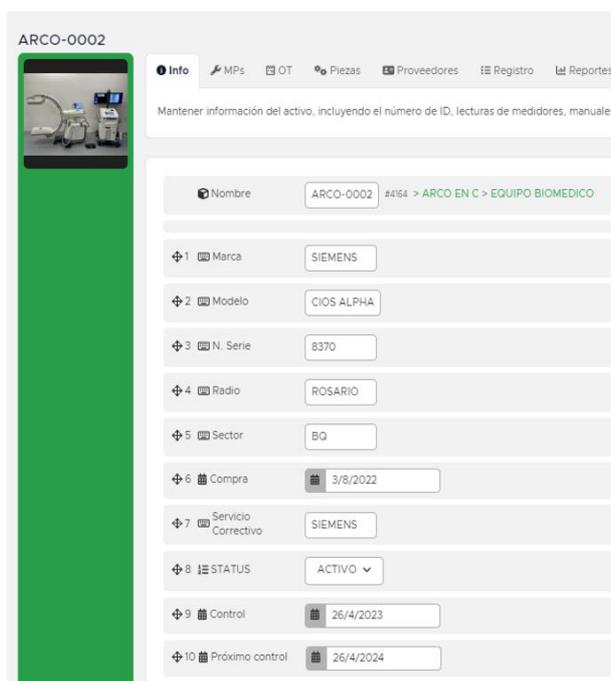


Fig. 2: Selección e Información del activo en el software Limble.

En la Tabla II se establece la descripción de los datos que se ven en un tablero interactivo de control de equipos en el sistema seleccionado. Regulando el ciclo de vida del equipo biomédico se registra oportunamente la baja o el estado fuera de servicio por reparación.

TABLA II
DATOS DE TABLERO INTERACTIVO

Dato	Descripción	Cantidad
Equipo Hospitalario vivo	Equipo disponible para analizar y preservar muestras biológicas o medicamentos.	104
Equipo Biomédico vivo	Tecnología biomédica en funcionamiento que se encuentra en operación.	848
Equipo Industrial vivo	Equipo disponible relacionados con servicios de apoyo hospitalario para funcionamiento general de la institución.	11
Equipo enviado a reparación	Reparación no programada de reacondicionamiento.	3
Equipo dado de baja	El equipo ya no cumple con sus objetivos y se retira del servicio.	116

Se implementó un sistema de etiquetado de todos los equipos biomédicos. Con la finalidad de identificar el equipo, el código QR, Fig. 3, puede ser leído desde la cámara del celular ingresando a Limble quien asocia la información, para entregar una solicitud de trabajo o buscar los detalles del activo. La etiqueta contiene el identificador de equipo (por ejemplo, VENT-0024) y el link a la historia completa del equipo. El número impreso en la etiqueta con el identificador alfanumérico es útil en caso de no disponer del usuario Limble.



Fig. 3. Ejemplo de etiqueta con código QR de identificación de un equipo biomédico. Aquí se muestra la etiqueta del Ventilador, VENT-0024.

Uno de los primeros resultados del inventario vivo puesto en funcionamiento es el análisis de la antigüedad de los equipos biomédicos. Más de 350 (41%) equipos entre hospital y centros de salud tiene más de 10 años lo que debería promover una cuidadosa revisión para evitar eventuales accidentes por equipos en falla u operando más allá de su vida útil, Fig. 5.

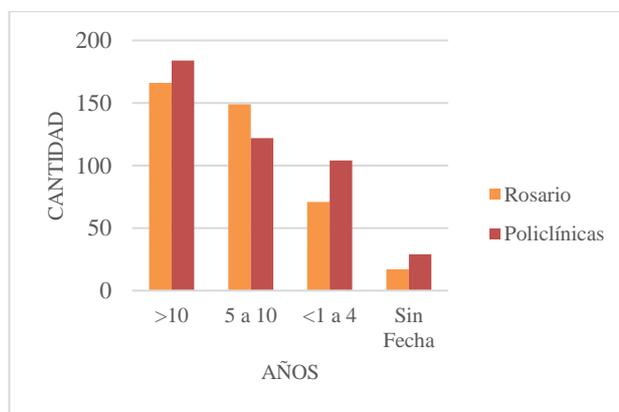


Fig. 5. Antigüedad de equipos biomédicos de CAMEC.

IV. DISCUSIÓN

La gestión y evaluación del equipo biomédico conlleva desafíos como la interacción inapropiada entre los usuarios y el dispositivo, falta de comunicación, datos ingresados de forma incompleta, malas técnicas de reprocesamiento y limpieza, reuso irresponsable, mantenimiento inadecuado y la gestión deficiente de las bajas y retiradas.

El papel del Practicante Interno de Ingeniería Biomédica dentro de CAMEC es proporcionar soluciones a las instalaciones y equipos que favorecen el diagnóstico, el salvamento y la curación de pacientes.

Estos resultados brindan información útil para la gestión de estrategias de equipamiento médico. Es necesario identificar objetivos y metas, seleccionar y definir prioridades y asignar los recursos para formar la metodología adecuada que permita pronosticar y manejar el ciclo de vida del equipo médico que impulse el mejor alcance de la inversión realizada.

Fueron inventariados 1,082 equipos, dentro de los cuales 851 pertenecen al equipo biomédico vivo que se encuentra disponible en CAMEC Rosario y en sus policlínicas permitiendo brindar un servicio continuo de atención con estas herramientas de trabajo.

Una combinación de revisión de la literatura y experiencia demuestra que adoptar un enfoque de sistemas y procesos para mejorar el desempeño organizacional y financiero con un enfoque específico en técnicas de gestión y control de procesos, permite lograr mejores resultados y prevenir un desempeño insatisfactorio.

En futuros trabajos se espera mejorar aún el inventario, agregando datos de repuestos, material fungible y costo de adquisición. Se establece la necesidad de crear planes de mantenimiento preventivo y a través de la plataforma seleccionada optimizar el flujo de trabajo creando un ambiente eficiente en CAMEC.

II. CONCLUSIONES

El concepto de Gestión de Equipos Biomédicos es de gran alcance y va más allá de la adquisición y mantenimiento.

Se presentó en este trabajo un desarrollo que incluye parámetros administrativos, clínicos, financieros y reglamentarios que a su vez influyen en cómo se planifica, financia y ejecuta la integración de las herramientas tecnológicas médicas.

A partir de esto, se espera mejorar el flujo de trabajo en el mantenimiento diario, inspección y mantenimiento preventivo de equipos biomédicos. Priorizando la seguridad del paciente y la disponibilidad de los servicios médicos que ofrece CAMEC-IAMPP en el departamento de Colonia, en Uruguay.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Aldo Mejía, docente de la Facultad de Ciencias de la UASLP por su paciencia y asertividad en la resolución de dudas.

A los docentes y compañeros del NIB que me dieron el amplio espectro de aplicación e investigación en Ingeniería Biomédica.

Agradecimiento especial a la Directora Técnica de CAMEC, Dra. Rosalba Velázquez quien siempre demuestra fortaleza en base a decisiones acertadas como la integración de la ingeniería clínica al hospital.

A la Dra Claudia Allietti y todo el equipo de trabajo de CAMEC, que me recibieron tan generosamente, me aconsejaron y motivaron a hacer un trabajo accesible y funcional para todos.

A los funcionarios de Mantenimiento, especialmente a los señores Pablo Jordán, Horacio Crosta y Eduardo Iriart mis principales profesores en estos meses de arduo trabajo, agradezco que compartieran sus conocimientos y experiencias conmigo.

REFERENCIAS

- [1] F. Simini, «Ingeniería Clínica e Ingeniería Biomédica.», Revista Ingeniería, n.º 95, pp. 32-36, Diciembre de 2022. Disponible en: http://www.nib.fmed.edu.uy/sitio_nib/BibliotecaNIB/PublNIB380.pdf
- [2] M. Arregui et al., «Reducción del Riesgo en Equipos Biomédicos y en Instalaciones Eléctricas de Entornos Clínicos», Revista Mexicana de Ingeniería Biomedica, vol. 40, n.º 1, pp. 1-13, 2019, doi: 10.17488/RMIB.40.1.3. Disponible en: <http://www.rmib.mx/index.php/rmib/article/view/902>.
- [3] G. D. R. Muñoz, G. D. Méndez, M. B. Zárate, Q. H. Hernández, y A. R. M. Rodríguez, «Diseño de un Sistema de Gestión Computarizado Local para Departamentos de Ingeniería Biomédica», Memorias del Congreso Nacional de Ingeniería Biomédica, vol. 7, n.º 1, pp. 368-375, oct. 2020, Disponible en: <http://memoriascnib.mx/index.php/memorias/article/view/785>.
- [4] F. Simini, «PROYECTO DE EQUIPOS BIOMÉDICOS», en Ingeniería Biomédica Perspectivas desde el Uruguay, Montevideo, 2007, pp. 17-28. Disponible en: http://www.nib.fmed.edu.uy/sitio_nib/BibliotecaNIB/PublNIB121.pdf
- [5] World Health Organization, «Introducción a la gestión de inventarios de equipo médico», Organización Mundial de la Salud, 2012. Disponible en: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/44817>.
- [6] 145 Consejo Ejecutivo, «Normalización de la nomenclatura de los dispositivos médicos: clasificación, codificación y nomenclatura internacionales de los dispositivos médicos: informe del Director General», Organización Mundial de la Salud, EB145/3, 2019. Disponible en: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/328221>.
- [7] «What we do - GMDN», 18 de mayo de 2023. Disponible en: <https://www.gmdnagency.org/what-we-do/>.
- [8] «UMDNS», ECRI. Disponible en: <https://www.ecri.org/solutions/umdns>.
- [9] «ECRI | Trusted Voice in Healthcare», ECRI. Disponible en: <https://www.ecri.org/>.
- [10] «Gestión de Mantenimiento (Edificios, Flotas, Industrias)», heXa. Disponible en: <https://www.hexa.com.uy/productos/gestion-de-mantenimiento/>.
- [11] «CMMS Software | Computerized Maintenance Management», Limble CMMS. Disponible en: <https://limblecmms.com/cmms/cmms-software/>.