

Tecnologías y diseño de laboratorio: un proyecto para potenciar el posgrado y la investigación biomédica

Technologies and laboratory design: a project to enhance postgraduate and biomedical research

Tecnologias e desenho de laboratório: um projeto para promover a pós-graduação e a pesquisa biomédica

Technologies et conception de laboratoire: un projet pour promouvoir les études de troisième cycle et la recherche biomédicale

Arialys Hernández Nariño¹ , Lisanne Díaz Almeda² , Laura Beatriz Camero Benavides³ ,

Geovani Díaz Luis⁴ , Mayalin García Bellocq⁵ 

DOI: 10.19136/hs.a19n1.3384

Artículo Original

Fecha de recepción: 23 de julio de 2019

Fecha de aceptación: 13 de diciembre de 2019

Autor de Correspondencia:

Arialys Hernández Nariño. Dirección postal: Carretera Central Km 102 CP. 40100

Matanzas, Cuba Corrección electrónica: arialishn.mtz@infomed.sld.cu

Resumen

Objetivo: Proyectar mejoras en la utilización de tecnologías y el diseño de espacios en su contribución al posgrado y la investigación biomédica.

Materiales y métodos: Se emplearon técnicas y herramientas como marco lógico, cuestionario, tormenta de ideas, revisión de documentos, observación directa, diagrama Gantt y método triangular.

Resultados: El plan de medidas está asociado a la promoción de una oferta tecnológica para impulsar proyectos de investigación e innovación, la reorganización de equipos y espacios, la coordinación de acciones de mantenimiento y verificación de equipos y la superación del personal de trabajo.

Conclusiones: Las mejoras proyectadas en este estudio prevén un mejor aprovechamiento de las tecnologías disponibles, y un uso efectivo de las áreas a favor del desarrollo de investigaciones y actividades docentes en las ciencias básicas biomédicas.

Palabras clave: Tecnología; Diseño de espacios; Investigación biomédica; Laboratorio; Proyecto

¹ Ingeniera Industrial. Doctora en Ciencias Técnicas. Directora de Ciencia e Innovación Tecnológica. Universidad de Ciencias Médicas de Matanzas, Cuba

² Graduada de Ingeniería Industrial. Universidad de Matanzas, Cuba

³ Graduada de Ingeniería Industrial. Universidad de Matanzas, Cuba

⁴ Graduado de Ingeniería Industrial. Universidad de Matanzas, Cuba

⁵ Doctora en Medicina. Especialista de 1er grado en Medicina General Integral y Medicina Física y Rehabilitación. Directora de posgrado. Universidad de Ciencias Médicas de Matanzas, Cuba

Abstract

Objective: is to improve project in the use of technology and spaces design as a contribution to postgraduate and biomedical research.

Materials and methods: there were used logical framework, questionnaire, brainstorming, document review, direct observation, Gantt diagram and triangular method as techniques to collect data.

Results: the program showed was associated with the definition of a technological offer to promote research and innovation projects, the reorganization of equipment and spaces, the coordination of maintenance and verification activities for equipment and the work staff training.

Conclusions: The projected improvements in this study, anticipate a better use of available technologies as well as an affective use of facilities that favor biomedical research and training activities development.

Key words: technology; facility design; biomedical research; laboratory; project

Sumário

Objetivo: Melhorar o projeto no uso de tecnologias e o design de espaços em sua contribuição à pesquisa de pós-graduação e biomédica.

Materiais e métodos: Foram utilizadas técnicas e ferramentas como estrutura lógica, questionário, debate de ideias, revisão de documentos, observação direta, gráfico de Gantt e método triangular.

Resultados: O plano de medidas está associado à promoção de uma oferta tecnológica para promover projetos de pesquisa e inovação, à reorganização de equipamentos e espaços, à coordenação de ações de manutenção e verificação de equipamentos e à melhoria do pessoal de trabalho.

Conclusões: As melhorias projetadas neste estudo preveem um melhor uso das tecnologias disponíveis e um uso eficaz das áreas em favor do desenvolvimento de atividades de pesquisa e ensino nas ciências básicas biomédicas.

Palavras chave: Tecnologia; Design de espaço; Pesquisa biomédica; Laboratório; Projeto

Résumé

Objectif: Est de projeter des améliorations dans l'utilisation des technologies et la conception des espaces en faveur de leur contribution aux études de troisième cycle et à la recherche biomédicale.

Matériels et méthodes: Des techniques et des outils, tels que le cadre logique, le questionnaire, le brainstorming, l'analyse documentaire, l'observation directe, le diagramme de Gantt et la méthode de triangulation, ont été utilisés.

Résultats: Le plan d'action est associé à la promotion d'une offre technologique pour impulser des projets de recherche et d'innovation, la réorganisation des équipements et des espaces, la coordination des actions de maintenance et de vérification des équipements et la formation du personnel.

Conclusions: Les améliorations projetées dans cette étude prévoient une meilleure utilisation des technologies disponibles et un usage effectif des espaces en faveur du développement de la recherche et des activités d'enseignement dans le champ des sciences biomédicales fondamentales.

Mots clés: Technologie; Conceptions des espaces; Recherche biomédicale ; Laboratoire ; Projet

Introducción

La importancia de la gestión tecnológica para la investigación y la innovación ha sido reconocida en diferentes escenarios, como en el de la salud y la educación. En el primer caso, tal como apuntan Castaño Portilla y Lizeth es un elemento clave para contribuir a la seguridad y calidad de la atención sanitaria¹. En el segundo caso, la universidad resulta un entorno propicio para, desde su capacidad tecnológica, generar aprendizaje e innovación², por lo que su evaluación y medición es clave para la toma de decisiones. En este mismo ámbito son destacables las investigaciones de Argote Cursi y colaboradores, enfocadas a la identificación de estas capacidades en una institución de educación superior especializada en la salud³.

El estudio de Parra Bernal², apunta a un grupo de reflexiones finales para minimizar las barreras que poseen los procesos de investigación y desarrollo para generar productos terminados con potencialidades de transferencia; estas son: la necesidad de potenciar la gestión del conocimiento y la tecnología, garantizar la continuidad de los proyectos de investigación e incrementar los niveles de divulgación, capacitar al personal en la investigación y el uso de tecnologías e implementar la cultura de la innovación.

Estas líneas de desarrollo se focalizan en actividades de gestión; precisamente Veliz Briones y colaboradores refieren que las universidades, para obtener resultados superiores, precisan maneras de gestión más eficientes y eficaces, considerando que la sociedad y las políticas gubernamentales exigen de estas instituciones una mayor responsabilidad y compromiso en la satisfacción de las necesidades sociales⁴.

Para Terán Rosero y colaboradores⁵, la adquisición y evaluación de tecnologías constituye un importante foco de atención de la innovación tecnológica en el sector de la salud, por su contribución al mejoramiento de productos, servicios y procesos y su impacto en la seguridad del paciente, la optimización y racionalización económica. En este marco el autor reconoce en su estudio que las instituciones de educación, son una importante organización colaboradora en la fase de investigación-desarrollo, previa a la innovación.

Junto a la investigación, resulta una tendencia actual la adopción de prácticas docentes que apunten al aprendizaje basado en la resolución de problemas, y para ello es un puente la incorporación temprana al laboratorio de investigación, como refieren Ávila y colaboradores⁶.

En Cuba, entre los objetivos propuestos por el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, como órgano gubernamental coordinador de la actividad científica y tecnológica y sus consiguientes responsabilidades de

concertación y armonización entre los distintos componentes del Sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación, están la elevación, fortalecimiento y perfeccionamiento del rol de toda la actividad científica en el plan de la economía nacional y en las proyecciones estratégicas de los diferentes sectores y ramas económicas.

En la Salud Pública cubana, el Sistema de Ciencia e Innovación Tecnológica se considera único e integral, pues concibe la interdependencia entre la docencia, los servicios y la investigación, y la incorporación de los avances científicos a la práctica social. Su alineación con prioridades derivadas del cuadro básico de salud, apela a la generación de resultados de impacto en solucionar dicha problemáticas. Estos resultados se promueven desde las instituciones formadoras; por ende el ciclo de la innovación transita tanto por las instituciones que participan en los procesos de I+D+i y la formación de recursos humanos, que abarca numerosos Centros de Investigación, Institutos, Facultades de Ciencias Médicas y otras instituciones afines⁷.

Como plantea Vilalta⁸ este sistema, más allá de llevar a cabo las dos funciones clásicas de formación e investigación científica, promueve, de forma creciente, una tercera misión: producir conocimiento aplicable y fomentar la innovación, formar y reciclar profesionales cualificados a lo largo de la vida, valorizar la investigación y fomentar proyectos emprendedores.

Una de las prioridades impulsadas por el Ministerio de Salud Pública y los territorios, destacan las investigaciones básicas biomédicas⁷, llamadas a producir resultados científicos y conocimientos de alto valor para resolver problemáticas de salud⁹.

En la universidad de ciencias médicas objeto de estudio, esencialmente en la Dirección de Ciencia e Innovación Tecnológica (CIT), se trabaja en función de elevar la producción y adquisición de conocimiento y promueve, a tono con el país, las investigaciones básicas y preclínicas, donde el Laboratorio de Investigaciones Biomédicas (LIB) posee un papel relevante.

Gran parte de los investigadores vinculados a la universidad desconocen de la capacidad tecnológica instalada en el laboratorio y desarrollan sus proyectos en otras instituciones, lo que trae como consecuencia que los equipos y cada una de las áreas se encuentren desaprovechadas tanto para la investigación como para la docencia. En consecuencia, este trabajo se propone proyectar mejoras en la utilización de tecnologías y el diseño de espacios en su contribución al posgrado y la investigación biomédica.

Material y métodos

Se desarrolla una investigación descriptiva en un laboratorio de investigaciones biomédicas de una universidad médica. Se estructuraron tres fases:

En la fase I (diagnóstico inicial), para analizar la capacidad tecnológica del laboratorio, en respuesta al desarrollo investigativo y docente de la universidad, se elaboró un cuestionario que comprendió 13 preguntas, distribuidas según cuatro criterios (disponibilidad de la tecnología, nivel de utilización, nivel de conocimiento, y aseguramiento):

- Disponibilidad de la tecnología: se dispone de una adecuada oferta tecnológica para la realización de investigaciones; la tecnología existente se corresponde con las necesidades de investigación de la universidad; no se desarrollan proyectos de investigación en otras instituciones porque el equipamiento está disponible o en condiciones técnicas.
- Nivel de utilización: se utiliza frecuentemente la tecnología instalada en el laboratorio para actividades docentes; se utiliza frecuentemente la tecnología instalada en el laboratorio para el desarrollo de proyectos.
- Nivel de conocimiento: existe conocimiento de los equipos disponibles y su funcionalidad; se asesora y divulga información a los investigadores sobre las posibilidades tecnológicas que posee el laboratorio.
- Aseguramiento: existe una adecuada distribución de las áreas del laboratorio; cada una cuenta con técnicos con habilidades y conocimientos; siempre que necesita utilizar el laboratorio en el horario establecido puede hacerlo sin problemas; los equipos poseen buen estado técnico; los equipos se encuentran en las áreas adecuadas para su funcionamiento y según las investigaciones.

Cerró este cuestionario con una pregunta general sobre el grado de satisfacción del encuestado con la oferta tecnológica del laboratorio. Se utilizó una escala de 1 a 5, donde 5 significa totalmente de acuerdo, 4 de acuerdo, 3 ni de acuerdo ni en desacuerdo, 2 en desacuerdo y 1 totalmente en desacuerdo. Se aplicaron preliminarmente a dos trabajadores del laboratorio, dos especialistas de investigación y posgrado, cuatro investigadores y tres residentes vinculados con proyectos en ciencias biomédicas (residentes de medicina y estomatología), para verificar la consistencia y coherencia de la información que genera este cuestionario; el resultado arrojó una confiabilidad de 0.756.

Se extendió finalmente el cuestionario a 10 residentes, cinco trabajadores, 10 investigadores y 10 especialistas de investigación y posgrado.

Las fases II y III estuvieron basadas en la metodología de marco lógico^{10,11}.

En la fase II (concepción del proyecto) se realizó un análisis del entorno y las partes interesadas con respecto al problema previamente identificado, apoyado en tormenta de ideas¹², revisión de documentos, y la observación directa. Así entonces se definió el árbol de problemas, árbol de objetivos y la selección de la alternativa de solución. Se estableció la estructura desagregada de las tareas (EDT), como parte de una potencial reorganización del laboratorio, la duración, precedencia y los responsables. Estas acciones fueron apoyadas por diagrama Gantt^{13,14}, para determinar la duración del proyecto. Al no poseerse conocimiento exacto ni un precedente en la institución sobre la duración de estas tareas, se utilizó la distribución Beta para la determinación del tiempo esperado (TE), que derivó en tres estimaciones de tiempos, donde a significa el tiempo optimista en que puede realizarse; b, el tiempo más probable; y c, el tiempo pesimista. El TE y la varianza de estas estimaciones (V) se calculan mediante las expresiones (1) y (2)

$$(1) TE = \frac{a+4b+c}{6} ; (2) V = \left(\frac{c-a}{6}\right)^2^{13}$$

La precedencia y la determinación de los tiempos se basó en la consulta de proyectos técnicos e investigativos de similar objetivo; y los criterios de especialistas sobre la duración aproximada de las actividades según su naturaleza y complejidad.

Fue necesario realizar el análisis económico del proyecto, desglosando los recursos con los costos asociados, y valorando la relación costo-beneficio para fundamentar la viabilidad del estudio en cuestión. Para la evaluación costo-beneficio se emplearon las expresiones (3) y (4)

$$(3) PR = \frac{\text{Costos}}{\text{Beneficios}} ; (4) RCB = \frac{\text{Beneficios}}{\text{Costos}}$$

En la fase III (ejecución) se realizó un levantamiento de las tecnologías por cada una de las áreas y se recopiló información sobre: cantidad de equipos, funcionalidad y estado técnico; se analizó, de la base de datos de los proyectos de investigación desarrollo e innovación de la universidad, aquellos asociados a las ciencias biomédicas y las especialidades de posgrado que tributan.

Mediante observación directa, entrevistas junto a la revisión del plan de prevención y el informe para la licencia ambiental, se representó la distribución espacial actual; y asociada a ella, la disponibilidad de equipos.

Posteriormente, según el método triangular¹⁵, se identificó una posible nueva distribución del laboratorio según: las tecnologías disponibles y en estado técnico adecuado, su relación con las actividades docentes e investigaciones en

curso y por proyectar, así como la intensidad existente entre las áreas, que fue medida según la escala: 5 significa la mayor intensidad y 1 intensidad de relación mínima, para que el ordenamiento obtenido refiera un gasto de transporte total mínimo. Adicionalmente, se realizó un análisis de los riesgos físicos, químicos y biológicos presentes, fundamentado y contrastado, en una revisión bibliográfica, con normas nacionales e internacionales y buenas prácticas generalizadas o implementadas en otras instituciones. Finalmente se valoró el nivel de utilización de las tecnologías en las investigaciones y la docencia.

Resultados

Diagnóstico inicial

La mayoría de las variables fueron evaluadas entre uno y tres puntos, los encuestados resaltaron las siguientes: se asesora y divulga información a los investigadores sobre las posibilidades tecnológicas que posee el laboratorio (1 punto); se utiliza frecuentemente la tecnología instalada en el laboratorio para actividades docentes (1 punto); no se desarrollan proyectos de investigación en otras instituciones porque el equipamiento está disponible o en condiciones técnicas (2 puntos); en el laboratorio existen técnicos con habilidades y conocimientos (2 puntos); se utiliza frecuentemente la tecnología instalada en el laboratorio para el desarrollo de proyectos (2 puntos);

existe una adecuada distribución de las áreas del laboratorio (2 puntos); los equipos se encuentran en las áreas adecuadas (2 puntos); existe conocimiento de los equipos disponibles y su funcionalidad (3 puntos).

Ante una limitada capacidad tecnológica del laboratorio, referida por gran parte de los encuestados, resulta necesario emprender un estudio más profundo de la situación, y conocer sus causas para decidir sobre las acciones a desarrollar en este sentido.

Concepción del proyecto

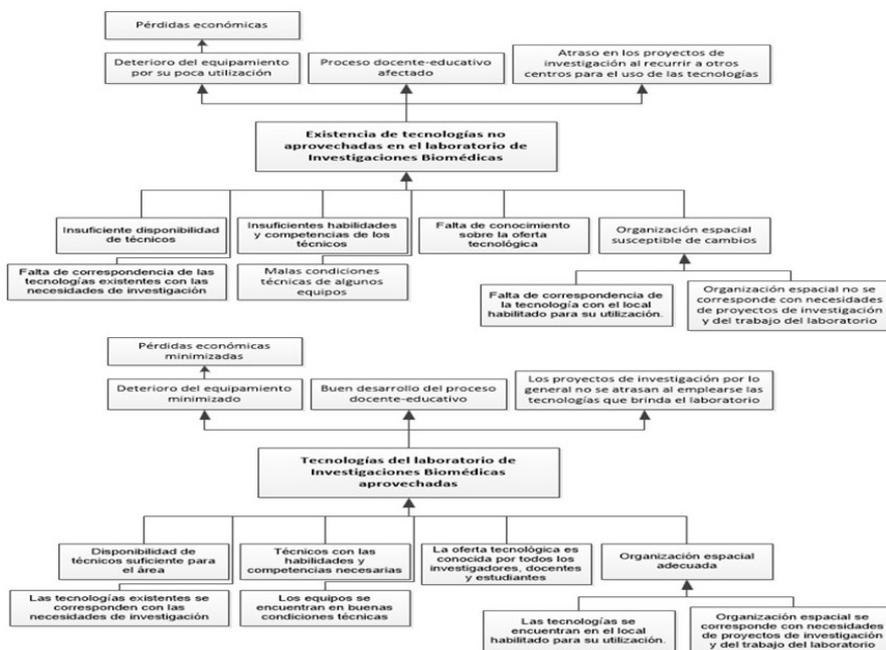
1. Análisis de las partes involucradas.

Las partes involucradas al proyecto son: los trabajadores del Laboratorio de Investigaciones Biomédicas, los especialistas, investigación y posgrado, investigadores, profesores y residentes, y directivos de la universidad.

2. Análisis de problemas y objetivos

El diagnóstico realizado generó el problema fundamental, las causas que lo generan y sus consecuencias, para luego definir los objetivos, medios para alcanzarlos y fines a cumplir figura 1.

Figura 1. Árbol de problemas y objetivos.



Fuente: elaboración propia

3. Identificación de la alternativa de solución

A partir de las causas que generan el problema y los objetivos a donde se desea arribar, se puede plantear como alternativa de solución un proyecto de mejora para la reorganización tecnológica y espacial del Laboratorio de Investigaciones Biomédicas, que implicará obtener una nueva y adecuada distribución espacial, contratación y capacitación de los técnicos, mantenimiento y arreglo de los equipos, y divulgación de la oferta tecnológica.

Un análisis inicial de la viabilidad del proyecto, demostró que es posible ejecutarlo puesto que no es contrario a la legalidad y el medio ambiente; en el aspecto económico, también es posible emprenderlo, pues la universidad y el sistema de CIT disponen de un presupuesto asociado para ejecutar este tipo de acciones.

Diseño del proyecto

La estructura desagregada de las tareas (EDT) que componen el proyecto, atendiendo a los problemas detectados en la primera fase son:

- 1 Divulgación de las tecnologías existentes en el laboratorio
 - 1.1 Levantamiento de tecnologías e identificación del estado técnico de los equipos
 - 1.2 Diseño del boletín
 - 1.3 Divulgar los resultados obtenidos mediante el boletín
- 2 Obtención de una distribución espacial acorde a las necesidades de investigación de los proyectos que se ejecutan
 - 2.1 Análisis de los proyectos en ejecución, por iniciarse, y las tecnologías más aprovechadas
 - 2.2 Análisis de la distribución espacial actual y los riesgos presentes en cada área
 - 2.3 Definición de las áreas y la necesidad de técnicos por área
 - 2.4 Aplicación del Método Triangular para la obtención de la nueva distribución espacial
 - 2.5 Reestructurar el laboratorio según la distribución espacial obtenida
- 3 Cubrir las carencias de personal y de conocimientos o habilidades de estos
 - 3.1 Reclutamiento interno de personal (técnicos de laboratorio)
 - 3.1.1 Lanzar la convocatoria de las plazas vacantes en el laboratorio
 - 3.1.2 Selección del personal
 - 3.1.3 Incorporación del personal seleccionado
 - 3.2 Capacitación del personal
- 4 Mantenimiento a los equipos defectuosos
 - 4.1 Realizar contrato con Electromedicina para el arreglo y mantenimiento de los equipos

En la tabla 1 se muestran las actividades a desarrollar en el proyecto, la secuencia de las tareas, duración y recursos necesarios.

La programación de las actividades del proyecto en el tiempo, su duración y actividades críticas, se muestra en la figura 2.

Se proyecta una duración de 154 días laborables (14/05/2018 a 13/12/2018), debiendo ser priorizadas aquellas actividades que conforman la ruta crítica. Estas actividades son: el levantamiento de las tecnologías, el análisis de los proyectos en ejecución y por iniciarse, definición de las áreas y la necesidad de técnicos por área, lanzamiento de la convocatoria de las plazas vacantes, seleccionar el personal e incorporarlo, y capacitación del personal.

Para el análisis económico, los recursos necesarios son: hojas, personal (para capacitación de técnicos y especialistas y estudio de la distribución espacial), necesidad de impresión del boletín de información tecnológica; financiamiento para reacondicionamiento del local (mano de obra y materiales). El costo total determinado es de \$32,813.28. En cuanto a la capacidad de financiamiento, este análisis resultó en una situación favorable al contrastar el presupuesto necesario (\$1,813.28) y el disponible (\$5.000 000.00) para los recursos a financiar por la universidad; en tanto el área de CIT puede asumir con su presupuesto (\$518,000.00), la impresión de boletines y de acondicionamiento del local, cuyo costo es de \$31,000.00.

Un proyecto desarrollado en el laboratorio es financiado al año aproximadamente con \$750.00, de los cuales \$500.00 son para materiales gastables y \$250.00 para otros gastos. Por los problemas presentes en el laboratorio, dígame falta de técnicos, escasas habilidades de estos y algunos equipos en estado técnico no adecuado, es necesario desarrollar los proyectos en otras instituciones, lo que provoca la no utilización del financiamiento destinado en aproximadamente un 85% de las investigaciones, y el atraso del proyecto, reportando gastos por encima de los planificados, como se desagra a continuación:

- No utilización del financiamiento: \$637.50/año, con un total de \$3,825.00/año según los seis proyectos
- Atraso de proyectos: \$750.00/año, con un total de \$4,500.00/año (para seis proyectos)

Todo lo anterior suman \$8,325.00/año. En tanto, la relación costo beneficio resulta en:

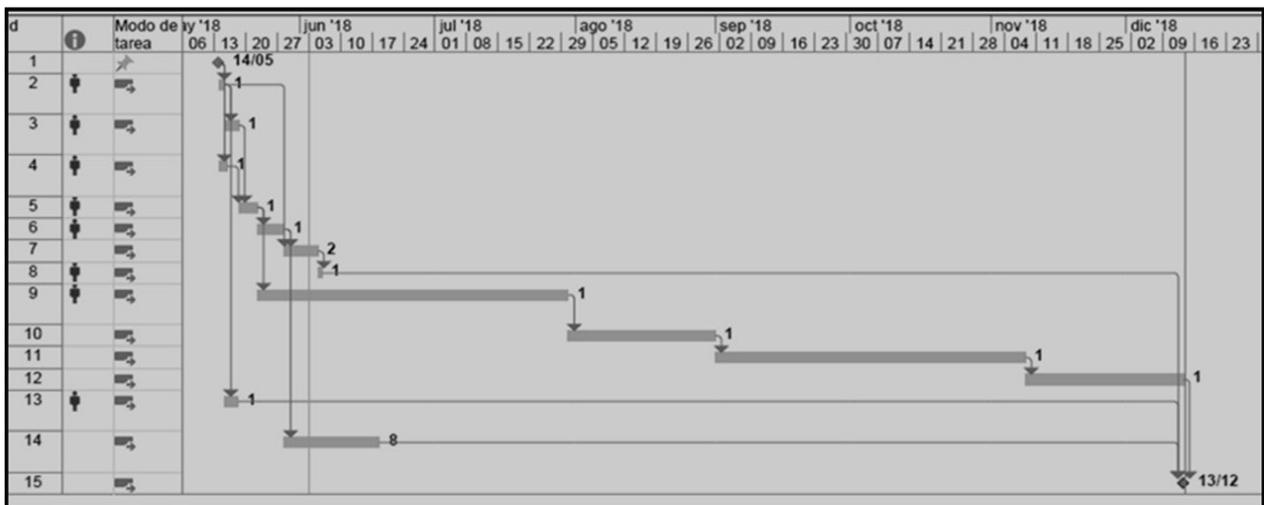
$$PR = \frac{\text{Costos}}{\text{Beneficios}} = \frac{332813.28}{58325.00/\text{año}} \approx 4 \text{ años} \quad RCB = \frac{\text{Beneficios}}{\text{Costos}} = \frac{58325.00/\text{año}}{332813.28} = 0,25$$

Tabla 1: Actividades a desarrollar en el proyecto

Actividad		Precedencia	Duración (días)			Recursos (hom/d)
			a	b	c	
Realizar un levantamiento de las tecnologías e identificar el estado técnico de los equipos	A	-	1	1	2	1
Analizar los proyectos en ejecución y por iniciarse, y las tecnologías más aprovechadas por estos	B	A	3	3	5	1
Analizar la distribución espacial actual y los riesgos presentes en cada área	C	-	1	2	3	1
Definir las áreas y la necesidad de técnicos por área	D	C y B	2	2	3	1
Obtener la nueva distribución espacial	E	D	3	4	5	1
Diseñar el boletín	F	A y E	4	5	7	2
Divulgar los resultados obtenidos mediante un boletín	G	F	1	1	2	1
Lanzar la convocatoria de las plazas vacantes en el laboratorio	H	D	40	48	60	1
Selección del personal	I	H	22	24	30	1
Incorporación del personal seleccionado	J	I	40	48	60	1
Capacitar personal	K	J	24	24	30	1
Realizar contrato con Electromedicina para el arreglo y mantenimiento de los equipos	L	A	2	3	4	1
Reestructurar el laboratorio según la distribución espacial obtenida	M	E	10	15	20	8

Fuente: elaboración propia

Figura 2: Programación del proyecto de mejora.



Fuente: elaboración propia

Esta relación es inferior a 1, por lo que para el año en que se desarrolla el proyecto los costos son superiores a las pérdidas que podrían evitarse; pero de continuar la situación por los próximos cuatro (4) años las pérdidas en que se incurriría serían superiores a los costos de llevar a cabo el proyecto.

Ejecución del proyecto

Se listaron 62 tipos de tecnologías, con la cantidad de equipos por cada una y su aplicación tecnológica; la tabla 2 muestra un fragmento de este levantamiento; en cada área se refleja el total de tecnologías identificadas¹.

De los proyectos de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) oficialmente ejecutados en la universidad (70), se relacionan con las Ciencias Básicas Biomédicas seis, su fase de ejecución y las principales especialidades involucradas en el ejercicio de actividades docentes e investigativas con residentes son:

1. Evaluación del efecto antioxidante de tres extractos de origen vegetal. Estado: detenido. Tributa especialidad de Bioquímica.
2. Información hemodinámica a través de la ecografía Doppler como factor de predicción de pre eclampsia y alteraciones fetales. Estado: Detenido. Tributan especialidades Medicina General Integral y Embriología.
3. Metodología para obtención de setas de hongos con efecto medicinal. Estado: en ejecución. Tributa especialidad Microbiología.
4. La morfometría como recurso para el diagnóstico histopatológico de lesiones malignas y pre malignas. Estado: en ejecución. Tributan especialidades Medicina General Integral e Histología.
5. Tratamiento con eritropoyetina en el Infarto Cerebral Isquémico ratas Wistar. Estado: detenido. Tributa especialidad Fisiología.
6. Estudio del comportamiento de propiedades antibacterianas de 6 plantas medicinales. Estado: aprobado para próximo período. Tributan especialidades Medicina Natural y Tradicional y Dermatología.

La figura 3 muestra la distribución espacial actual, los riesgos químicos, físicos y biológicos presentes en cada espacio, los proyectos que se ejecutan o proyectan desarrollar según la numeración anterior (1 a 6), y las tecnologías utilizadas por estos proyectos.

Según esta distribución, la relación de proyectos y el levantamiento de tecnologías, se establece un nivel de utilización general de 67% del equipamiento disponible.

La distribución espacial propuesta fue sometida a un análisis de los riesgos físicos, químicos y biológicos. Se tuvieron en cuenta las normas y principios ilustrados en:

- **Manual de seguridad para Laboratorios¹⁰:** Establece una guía a seguir para trabajar en forma eficiente y segura al interior de los laboratorios, para minimizar el riesgo de accidentes y enfermedades profesionales por desconocimiento, malas prácticas y condiciones inseguras. Es aplicable a todos los Campus, Facultades y Unidades que tengan laboratorios químicos.
- **Manual de seguridad y bioseguridad para los Laboratorios de Ingeniería Biomédica del ITM¹¹:** Informar y establecer normas de bioseguridad para el Laboratorio de Ingeniería Biomédica del ITM, para minimizar factores de riesgo, adoptando comportamientos de seguridad en el uso de equipos de laboratorio. Es aplicable a todas las personas que tengan acceso al Laboratorio de Ingeniería Biomédica del ITM.
- **Manual básico de bioseguridad en Laboratorios del INR¹²:** Definir las normas de bioseguridad en los Laboratorios del Instituto Nacional de Rehabilitación para prevenir accidentes. Es aplicable al personal con acceso a los laboratorios.
- **Prevención de riesgos en las prácticas de laboratorio¹³:** Conocer los tipos de riesgos y la forma de evitarlos, a partir del cumplimiento de una serie de normas básicas importantes para la salud. Es aplicable a cualquier área donde se realicen prácticas de laboratorio.
- **Bioseguridad y Salud Ocupacional en Laboratorios Biomédicos¹⁴:** Aportar una breve panorámica acerca de la importancia de la bioseguridad y su relación con la salud ocupacional en los laboratorios biomédicos. Es aplicable a cualquier laboratorio biomédico.

La nueva disposición propuesta figura 4, refleja ciertas variaciones en los espacios señalados. Esta reorganización fue adaptada, en la medida de lo posible, a la estructura constructiva del laboratorio, a las necesidades de investigación de los proyectos que se ejecutan y a exigencias de los trabajadores ante la necesidad de un salón de trabajo y la disponibilidad de un área caliente. Se incorporó numerado con 7 un nuevo proyecto (Aplicación del oleozón en el tratamiento de enfermedades bucodentales).

Se realizó un estudio de necesidades de personal técnico por área para ser lanzada la convocatoria de las plazas vacantes.

Se diseñó un boletín para divulgar, en la convocatoria de proyectos de investigación del próximo ciclo, las tecnologías disponibles en el laboratorio, los cambios a emprenderse en su estructura actual, así como las investigaciones que desarrolla.

Tabla 2: Levantamiento de tecnologías en el laboratorio de investigaciones biomédicas.

Tecnología	Cantidad	Aplicación tecnológica	Buen estado técnico
Biotecnología (5)			
Autoclave horizontal de mesa	1	Esterilización por calor húmedo	Si
Incubadora	1	Crecimiento de microorganismos a temperatura superior	Si
Estufa	1	Esterilización por calor C	No
Cuarto de siembra (7)			
Deshumificador	2	Mantener la humedad constante	Si
Flujo laminar	1	Trabajos asépticos en el laboratorio	Si
Centrífuga refrigerada	1	Centrifugar	No
Microscopio óptico	1	Observación	Si
Agitador-calentador magnético	1	Calentar, agitar, mezclar	Si
Microscopía (1)			
Bomba de vacío	1	Filtrar y destilar al vacío	Si
Histología (3)			
Microscopio óptico	8	Observación de láminas de cortes histológicos	Si
Baño de María	1	Calentar, disolver	Si
Dispensador de parafina	1	Elaboración de bloques de parafina para cortes histológicos	Si
Área de producción (3)			
Horno	1	Calentar, secar	Si
Molino	2	Triturar, maserar	No
Destilación de aceites esenciales	1	Destilar	No
Laboratorio de Bioquímica 1 (8)			
Saranda eléctrica	1	Agitar disoluciones	Si
Balanza	1	Pesar	Si
Agitador magnético	1	Centrifugar, separar	Si
Baño de María	1	Calentar, disolver	Si
Centrífuga	1	Centrifugar, separar	No
Laboratorio de Bioquímica 2 (19)			
Fuente de electroforesis con cámara	1	Trabajo con proteínas y ADN	Si
Medidor de pH	1	Preparación de soluciones	Si
Vortex	1	Agitar, separar, homogenizar	Si
Balanza digital	1	Pesar	Si
Espectrofotómetro	1	Determinar concentración de biomoléculas	Si
Esteroscopio	1	Observación	Si
Pesa	1	Pesar	Si
Conductímetro	1	Determinar concentración de iones	Si

continuará ...

de investigación por limitaciones en las tecnologías, que es precisamente una de las debilidades apuntadas por los encuestados.

La disposición física propuesta mantuvo, en general, la manera en que estaban ubicados los locales, pero si se distinguió por los beneficios potenciales siguientes: mejor aprovechamiento, por los investigadores de los espacios para sus proyectos y actividades con residentes; reubicación del equipamiento tecnológico según los proyectos y locales, introducción de valoraciones sobre los riesgos, de forma que se favorecieron nuevas investigaciones como la reflejada en la figura 5 (la número 7) y otras que en convocatoria de proyectos surgieron al visualizar las oportunidades tecnológicas y convenios que comenzaron a generarse con instituciones de la provincia; rescate de algunos gabinetes no utilizados por años y acondicionamiento de áreas para trabajo de oficina de los técnicos, especialistas y profesores.

Este tipo de análisis para laboratorios de investigaciones biomédicas, tributa al objetivo del Sistema de Salud en Cuba de invertir en infraestructuras universitarias, que potencien la producción científica y la generación de investigaciones básicas y aplicadas, en función de problemas de salud clave; es así que es importante la aplicación de herramientas gerenciales en busca de mejores resultados. Una investigación realizada en otra provincia cubana, reveló en un diagnóstico estratégico, precisamente, la necesidad de poner en práctica una política gerencial más efectiva en una unidad similar al laboratorio estudiado²¹.

Cada uno de los resultados presentados, se articulan con los objetivos de la gestión de la tecnología biomédica referido por Castaño Portilla y Lizeth, dígase la garantía de una operación segura, máximas prestaciones, y costo-efectividad, mediante el mantenimiento orientado a riesgo, para proporcionar un entorno seguro y funcional de todos los equipos y espacios¹.

Limitaciones: no se profundiza en el impacto económico de las tecnologías ni en la adquisición o asimilación de otras no disponibles, pero si necesarias en las investigaciones biomédicas actuales y futuras de la universidad, en correspondencia con las prioridades de salud del territorio en que se enmarca este trabajo. Otras brechas del estudio son la evaluación del impacto de las tecnologías en el desarrollo de los flujos de trabajo, la garantía de calidad de las técnicas de laboratorio e incluso la gestión de riesgos, todas con fines de certificación, incremento de la producción científica y de la innovación, lo que resulta parte de temas de investigación a futuro, en concordancia con la revisión de algunas publicaciones, que ponen a relieve la relevancia de estos temas^{22,23,24,25}.

Conclusiones

1. Las mejoras proyectadas prevén un mejor aprovechamiento de las tecnologías disponibles, y un uso efectivo de las áreas a favor del desarrollo de investigaciones y actividades docentes en las Ciencias Básicas Biomédicas.
2. La valoración de las tecnologías y su implicación en las investigaciones y el posgrado en el laboratorio, mostró que su mejor utilización parte de la necesidad de caracterizar el equipamiento disponible, su estado técnico y aplicaciones para luego evaluar su influencia en el desarrollo de proyectos y actividades docentes con residentes, así como las habilidades del personal técnico para maximizar su aprovechamiento y las actividades de mantenimiento necesarias para su adecuado funcionamiento en condiciones favorables y seguras.
3. La distribución en la planta propuesta puede contribuir a una ordenación segura y satisfactoria, con menor número de retrasos, al disminuir las distancias de recorrido, y se facilitan las tareas de vigilancia y control, fundamentalmente basadas en análisis de riesgos.
4. La oportunidad que deriva de la conversión de este laboratorio en una unidad de desarrollo e innovación, así como la certificación de buenas prácticas de laboratorio, puede lograrse de la demostración de que se producen investigaciones, conocimientos e innovaciones de alto valor científico y podrá ser aprovechada si se garantiza una adecuada gestión de las tecnologías, y un funcionamiento orgánico y seguro.

Referencias

1. Castaño Portilla C, Lizeth P. Análisis comparativo de modelos de gestión de tecnología biomédica. *Revista Ingeniería Biomédica* [serial on the Internet]. 2015 [cited 2019 27 de Septiembre]; 9(18): Available from: <http://dx.doi.org/10.14508/rbme.2015.9.18.41-49>.
2. Parra Bernal LD, Argote Cusi ML, Montoya Parraga LA, Martínez Rozo N. Identificación de las capacidades tecnológicas y de investigación de la Escuela de Suboficiales y Nivel Ejecutivo Gonzalo Jiménez de Quesada. *Revista Escuela de Administración de Negocios* [serial on the Internet]. 2019 [cited 2019 27 de Septiembre]; (86): Available from: <https://doi.org/10.21158/01208160.n86.2019.2302>.
3. Argote Cusi ML, Rodríguez Velázquez NC, Vélez Ortiz LA. Identificación de capacidades tecnológicas de la Fundación Universitaria de Ciencias de la Salud (FUCS). *Yura: Relaciones Internacionales* [serial on the Internet]. 2016 [cited 2019 27 de Septiembre]; 9: Available from: http://world_business.espe.edu.ec/wp-content/uploads/2017/01/918_Identificaci%C3%B3n_de_capacidades_tecnol%C3%B3gicas.pdf.

4. Veliz-Briones VF, Alonso-Becerra A, Fleitas-Triana MS, Alfonso-Robaina D. Una gestión universitaria basada en los enfoques de gestión de proyecto y por proceso. *Revista Electrónica Educare [serial on the Internet]*. 2016 [cited 2017 8 de Septiembre]; 20(3): Available from: <http://revistas.una.ac.cr/index.php/EDUCARE/article/view/7035>.
5. Terán Rosero GJ, Chuquer M, Jonathan E, Gutiérrez Villarreal MdR, Tapia M, Cumanda S, et al. Gestión de la innovación en los servicios de salud pública. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas [serial on the Internet]*. 2017 [cited 2019 27 de Septiembre]; 36(3): Available from: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-28742019000200220.
6. Avila RE, Quiroga M, Ciucci R, Lucero P, Caballero E, Montes Tizca A, et al. El laboratorio de investigación biomédica como "puente interactivo" entre el proceso de enseñanza/aprendizaje y la investigación de las neurociencias. *Ini Inv [serial on the Internet]*. 2009 [cited 2019 27 de Septiembre]; 4(a2): Available from: <https://revistaselectronicas.ujaen.es/index.php/ininv/article/view/300/291>.
7. Rojo Pérez N, Valentti Pérez C, Martínez Trujillo N, Morales Suárez I, Martínez Torres E, Fleitas Estéves I, et al. Ciencia e innovación tecnológica en la salud en Cuba: resultados en problemas seleccionados. *Revista Panamericana de Salud Pública [serial on the Internet]*. 2018 [cited 2019 5 de Mayo]; 42(32): Available from: <https://doi.org/10.26633/RPSP.2018.32>.
8. Vilalta JM. La tercera misión universitaria. Innovación y transferencia de conocimientos en las universidades españolas. Madrid: Studia XXI Fundación Europea Sociedad y Educación [serial on the Internet]. 2013 [cited 2019 5 de Mayo]; Cuaderno de trabajo # 4: Available from: <https://www.redalyc.org/html/2010/201045992001/>.
9. Travieso Ramos N. Los resultados científicos en las investigaciones biomédicas: un desafío pendiente. *MediSan [serial on the Internet]*. 2017 [cited 2019 27 de Septiembre]; 21(5): Available from: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1029-30192017000500016.
10. Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social. Metodología del marco lógico 2004 [cited 2011 26 de Diciembre]: Available from: <http://www.eclac.cl/publicaciones/xml/4/20664/boletin15.pdf>
11. Ortégón E, Pacheco JF, Prieto A. Metodología del marco lógico para la planificación, el seguimiento y la evaluación de proyectos y programas Santiago de Chile: Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social (ILPES). Área de proyectos y programación de inversiones 2005.
12. Frías Jiménez R, González Arias M, Cuétara Sánchez L, Corzo Sánchez Y, González Laucirica A. Herramientas de apoyo a la solución de problemas no estructurados en empresas turísticas (HASPNET). Matanzas, Cuba: Universidad de Matanzas; 2008.
13. Schroeder RG. Administración de operaciones. Toma de decisiones en la función de operaciones. México DF: McGraw Hill; 1992.
14. Schroeder RG, Goldstein SM, Rungtusanatham JM. Administración de operaciones. Conceptos y casos contemporáneos. 5a ed. México, D.F.: McGraw Hill; 2011.
15. Gómez Figueroa O, Diéguez Matellán EL, Negrín Sosa E, Pérez Gosende PA. Localización y Distribución en Planta de instalaciones de producción y servicios (Apuntes para un libro de texto). Matanzas, Cuba: Universidad de Matanzas; 2007.
16. Faloh Bejerano R, García Capote E, Fernández de Alaíza MC, Montalvo Arriete LF. La interfase: un recurso para la innovación, la competitividad y el desarrollo. Una primera aproximación a la situación en Cuba: Friedrich Ebert Stiftung Oficina para Cuba. GECYT Centro de Gerencia de Ciencia y Tecnología. Ministerio de Ciencias, Tecnología y Medio Ambiente; 1999.
17. Odremán R JG. Gestión Tecnológica. Estrategias de innovación y Transferencia de Tecnología en la industria. Universidad, Ciencia y Tecnología [serial on the Internet]. 2014 [cited 2017 11 de Agosto]; 18(73): Available from: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-48212014000400004.
18. Sharma P, Singhal S. Comparative analysis of procedural approaches for facility layout design using AHP approach. *International Journal of Manufacturing Technology and Management [serial on the Internet]*. 2016 [cited 2019 19 de Julio]; 30(5): Available from: <https://doi.org/10.1504/IJMTM.2016.078910>.
19. Kovacs G, Kot S. Facility layout redesign for efficiency improvement and cost reduction. *Journal of Applied Mathematics and Computational Mechanics [serial on the Internet]*. 2017 [cited 2019 27 de Julio]; 16(1): Available from: <https://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-3bde85b6-1f5d-453c-8a26-96290f7f953c>.
20. Barton CL, Johnson EW, Tanguay RL. Facility Design and Health Management Program at the Sinnhuber Aquatic Research Laboratory Zebrafish [serial on the Internet]. 2015 [cited 2019 19 de Julio]; 13(S1): Available from: <https://doi.org/10.1089/zeb.2015.1232>

21. Cabrera Llano JL. Diagnóstico estratégico en la unidad de investigaciones biomédicas de la universidad médica de Villa Clara. *Medicentro* [serial on the Internet]. 2011 [cited 2019 20 de Julio]; 15(4): Available from: <http://medicentro.sld.cu/index.php/medicentro/article/view/356>.
22. Navor-Galeana NP, Álvarez-Camacho M, Gutiérrez-Martínez J. Evaluación económica de un desarrollo tecnológico en el Laboratorio de Órtesis y Prótesis. *Investigación en Discapacidad* [serial on the Internet]. 2016 [cited 2019 27 de Septiembre]; 5(1): Available from: <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=62852>.
23. Chavarría T, Molina T. Herramienta de Evaluación de Tecnologías para la adquisición de equipos biomédicos. *Revista Ingeniería Biomédica* [serial on the Internet]. 2017 [cited 2019 27 de Septiembre]; 11(21): Available from: <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=62852>
24. Ríos Cuartas I, Galeano Upegui B, Mora N. Vigilancia tecnológica de la utilización de criterios de riesgo para la gestión de equipos biomédicos. *Revista Ingeniería Biomédica* [serial on the Internet]. 2017 [cited 2019 27 de Septiembre]; 11(21): Available from: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1909-97622017000100009&script=sci_abstract&tlng=en.
25. Irrazábal E, Petrella B, Cortés MA. Innovación en la gestión de la salud asistencial y laboratorios de investigación en salud. XX Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC 2018, Universidad Nacional del Nordeste) [serial on the Internet]. 2018 [cited 2019 27 de Septiembre]: Available from: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/67967>.