



ESTRATEGIAS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA EDUCACIÓN TÉCNICA EN BIOMÉDICA

STRATEGIES FOR THE IMPROVEMENT OF TECHNICAL EDUCATION IN BIOMEDIC

Aura Carolina Romero

Ingeniera Electrónica, Instructora en Biomédica, Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, Grupo de investigación GICS, Bogotá D.C, Colombia, aurcar.romero@misena.edu.co

Jaime Arley Delgado

Ingeniero Electrónico, Instructor en Biomédica, Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, Grupo de investigación GICS, Bogotá D.C, Colombia, jadelgado993@misena.edu.co.

(Recibido el 02-11-2020. Aprobado el 27-11-2020)

Resumen – Actualmente, existe una emergencia sanitaria a causa de la pandemia por COVID-19, en donde la falta de personal idóneo y de equipos necesarios para la atención prioritaria de los pacientes han sido unos de los factores críticos durante esta contingencia. Con relación a la infraestructura de equipos biomédicos, Colombia presenta un rezago frente al desarrollo de estos equipos y la gran mayoría son importados; con este panorama, es necesario que el país pueda desarrollar y producir sus propios equipos biomédicos. Tomando este referente, se propone el mejoramiento a nivel de infraestructura, equipos y formación en contenidos de los programas técnicos de mantenimiento en equipos biomédicos del Servicio Nacional de Aprendizaje, enfocándose en proporcionar mejores métodos para realizar el diseño, el mantenimiento y la calibración de los equipos biomédicos en la formación, tal como está contemplado en el decreto 4725 de 2005 que exige estos protocolos sean de obligatorio cumplimiento.

Este proyecto nace del semillero de investigación en biomédica, el cual pretende incentivar la investigación en el desarrollo e implementación de equipos biomédicos, en articulación con las instituciones de educación superior y los sectores productivos del país. También se busca apoyar metodológicamente el programa de formación, a través de la generación de material didáctico, relacionado con el estudio de procesos de metrología, bajo el decreto 1471 de 2014 que reglamenta la metrología en Colombia, buscando así la acreditación del programa.

Palabras clave: Biomédica, Equipos, Técnico En Mantenimiento, Semillero De Investigación, Didáctico, Metrología.

Abstract – There is currently a health emergency due to the COVID-19 pandemic. The lack of suitable personnel, and the necessary equipment for priority care of patients, have been some of the critical factors during this contingency. Regarding the infrastructure of biomedical equipment, Colombia lags the development of this equipment, and most of the country's biomedical equipment is imported. With this scenario, the country must be able to develop and produce its biomedical equipment. From this reference point, it is proposed to improve the infrastructure, equipment, and content training of technical maintenance programs for biomedical equipment of the National Learning Service. Focusing on providing better methods to carry out the design, maintenance, and calibration of biomedical equipment in training, as contemplated in Decree 4725 of 2005, requires these mandatory compliance processes.

This project is born from the biomedical research student group, which aims to encourage research in developing and implementing biomedical equipment in coordination with higher education institutions and the country's productive sectors. It also seeks to methodologically support the training program, through the generation of didactic material related to the study of metrology processes, under Decree 1471 of 2014 that regulates metrology in Colombia, thus seeking the program's accreditation.

Keywords: Biomedical, Equipment, Technical Maintenance, Research student Group, Didactic, Metrology.

Citar como:

A. Romero & J. Delgado. "ESTRATEGIAS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA EDUCACIÓN TÉCNICA EN BIOMÉDICA" Revista CINTEX, Vol. 25(2), pp. 28-36. 2020.

1 INTRODUCCIÓN

El programa de Tecnólogo en Mantenimiento de Equipo Biomédico (TMEB), es impartido por cuatro centros del SENA a nivel nacional; en la regional Atlántico, en el Centro Nacional Colombo Alemán; en la regional Caldas, en el Centro de Automatización; en la Regional Distrito Capital, en el Centro de Electricidad, Electrónica y Telecomunicaciones; en la Regional Santander, en el Centro Industrial de Mantenimiento Integral. El programa cuenta con un amplio reconocimiento en el sector de la industria de equipos Biomédicos, y los programas cuenta con el registro calificado vigente. Sin embargo, aspectos como la investigación aplicada y la innovación, las cuales impulsen el desarrollo de equipos con manufactura nacional, por medio de Pymes, Startups o Spinoffs (alianzas con IES) se han convertido en una necesidad [1], sin incluir el actual panorama de pandemia, donde el imperativo ha sido el de contar con los equipos y el personal necesario para afrontar la amenaza de una saturación del sistema de salud [2], [3].

1.1 Equipos Biomédicos en Suramérica

A nivel de la región suramericana, el sector de los dispositivos médicos se divide en dos líneas, la primera es la de importación de dispositivos, y la segunda línea es la relacionada a la fabricación propia de los dispositivos, donde Brasil, Chile y Argentina presentan un porcentaje representativo de producción de equipos biomédicos con manufactura nacional [4]. Sin embargo, prevalecen las importaciones de estos, sobre todo la de equipos altamente especializados, los cuales utilizan insumos que solo se producen en países desarrollados, tales como isotopos radiactivos. Para Colombia predominan las importaciones de estos equipos y solo un reducido número de equipos biomédicos son producidos en el país, esto se debe en gran medida a la falta de laboratorios certificados que permitan determinar la idoneidad de estos desarrollos [5]. A continuación, se muestran la situación del mercado latinoamericano, con relación a la importación de equipos biomédicos, por parte de la consultora de mercados Global Health Intelligence (GHI), para el periodo 2016 al 2018.

Brasil: el valor total de equipos y dispositivos médicos importados por Brasil en 2017 fue de más de 3,1 mil millones de dólares. Se trata de un incremento de 15 % comparado con 2016, cuando el valor de los equipos médicos bajó en 14 %. Sin embargo, a pesar de que el informe resalta que el año 2017 Brasil reportó un incremento importante, en lo corrido del año 2018, presentó bajas en algunas clasificaciones como anestesia, bombas de infusión e instrumentos de laparoscopia, pero registró incrementos en áreas claves como en el caso de las máquinas de ultrasonido importadas, 89 % de aumento, también subió en 65 % la cantidad de equipos de endoscopia y en 13 % los de RM. Para el 2019 se reportó un igual crecimiento en esto equipos.

Chile: Así mismo, para 2017, para el caso de Chile la cifra fue de más de 1,4 mil millones de dólares con un aumento del 15 % comparado con el año 2016 [6], lo que resulta importante cuando se toma en cuenta que el país austral tuvo un incremento del 52 % en el valor de importaciones de equipos médicos en 2016. Sin embargo, si lo comparamos con el reporte entregado en año 2018, Chile, siguió registrando aumentos alentadores en las importaciones de 1.768 % en la cantidad de máquinas de rayos X, en cuanto a cámaras gamma, la subida fue de 250%, referente a equipos de endoscopia, la cifra muestra un crecimiento del 66 % y de un 29 % para los de laparoscopia.

Perú y Colombia: Por su parte, para el caso de Perú el precio total de los equipos y dispositivos arrojó un total de 389 millones de dólares para el año 2017. Sin embargo, en el análisis de GHI [6], muestra que para el año 2018 Perú y Colombia obtuvieron los resultados débiles. Perú, por ejemplo, disminuyó en términos considerables sus importaciones de instrumentos médicos durante el año. La cifra más baja se registra para el área de rayos X con 39% y con 100% para categorías como tomografía, cámaras gamma y laparoscopia, entre otras. Según la consultora, Colombia registró caídas en todas las categorías de importación de equipos médicos a excepción de una, el área de máquinas de laparoscopia cuyo comercio del exterior aumentó 8%. Esto quiere decir, que comparado con el año 2017, Colombia sigue manteniendo una línea baja en la importación tanto para los años 2018 y 2019.

En el caso colombiano, el mercado de productos biomédicos se centra en las importaciones de equipos, algunos desarrollos de tipo local han aparecido en los últimos años. Pero debido a las regulaciones que exige el INVIMA, estos productos de desarrollo nacional tardan en alcanzar la fase de comercialización, por lo tanto, el grueso de este sector lo abarcan las importaciones. Para el año 2016 se importaron alrededor de 179 millones de pesos en equipos biomédicos, para el 2017 este valor se redujo a 112 millones de pesos, las importaciones se centran en equipos de tipo especializado, tales como: aparatos respiratorios y máscaras de gas en cantidades importadas, Escáneres TAC, máquinas de rayos X, tubos para radiografías y equipos de radioterapia.

Como muestra el estudio de GHI, la gran mayoría de los equipos biomédicos son importados, lo que muestra que la manufactura nacional ha tenido un rezago considerable, en parte a la falta de incentivos a la generación de industrias que realicen investigación y desarrollo en este sector, por otra parte, entidades como el INVIMA [7], no tienen una regulación o normativa propicia [8] en relación a los procesos y pruebas que debe tener un equipo biomédico de manufactura nacional, para que este pueda ser comercializado y ser usado con seguridad en las entidades hospitalarias [9].

Teniendo en cuenta este panorama y debido a la actual necesidad del sector de los equipos biomédicos en el país, de garantizar no sólo su disponibilidad, si no el mantenimiento y la calibración de los equipos biomédicos; se evidencia la problemática que presenta el ambiente de Biomédica del Centro de Electricidad, Electrónica y Telecomunicaciones (CEET), en cuanto a la carencia de equipos, simuladores y analizadores, que permitan fortalecer los procesos formativos del programa Tecnólogo en Mantenimiento de Equipo Biomédico (TMEB). Es por esto, por lo que nace la idea del proyecto de actualización y modernización del ambiente de formación, y la incorporación de herramientas de medición de nueva tecnología, con el fin de proporcionar mejores métodos para realizar el mantenimiento y la calibración de los equipos biomédicos en la formación, tal como está contemplado en el decreto 4725 de 2005 que exige estos procesos de obligatorio cumplimiento [10].

También se busca apoyar metodológicamente el programa de formación, a través de la generación de material didáctico, relacionado con el estudio de procesos de metrología, bajo el decreto 1471 de 2014 [11], que reglamenta la metrología en Colombia y relacionado con el manejo de cada uno de los equipos adquiridos; vinculando aprendices del área de biomédica, al semillero de Investigación en Biomédica e Internet de las Cosas (IoT) del grupo de investigación de CEET-SENA (GICS), de tal manera que se realice un trabajo colaborativo y que a la vez se fortalezca la formación de los aprendices e instructores del centro, buscando así la acreditación del programa.

2 MARCO TEÓRICO

Los procesos formativos a nivel de educación técnica y tecnológica parten de un modelo pedagógico, el cual se concentra en el Desarrollo Humano Integral (DHI), este modelo pedagógico involucra cuatro componentes internos y dos enfoques, los cuales desde la Formación Profesional Integral (FPI), están orientados hacia el desarrollo de las competencias necesarias para desempeñarse en el Mundo de la Vida [12][13].

Entre los cuatro componentes importantes para el DHI [12][13], tenemos el componente antropológico, el cual tiene un contexto humanista, de integralidad, donde se forma la dignidad humana, como segundo componente tenemos, el componente Axiológico, el cual está relacionado a los principios y valores éticos, también enfocado en la formación de la dignidad humana. El tercer componente, es el componente epistemológico, el cual trata sobre el paradigma humanista y cognitivo del individuo, así como su complejidad y sus procesos de gestión del conocimiento; como cuarto componente, tenemos el componente pedagógico, el cual se enfoca en los procesos que permitan al individuo alcanzar el conocimiento, estos pueden estar orientados a un proceso deconstructivista y socio-constructivista.

Por último, tenemos los dos enfoques que complementan el modelo que, para la formación técnica-tecnológica del SENA, se centran en una primera parte en el desarrollo de competencias en el individuo, donde se toma como contexto la concepción humanista, holística y sistemática, así como el conocimiento aplicado para la resolución de problemas, los cuales pueden ser de tipo laboral como social. Como segundo enfoque se tiene la ciencia y la tecnología, la cual es una variable estratégica, ya que los avances en ciencia y tecnología marcan las pautas y los enfoques de los programas formativos, y pueden definir la actualización o finalización de estos.

Como componentes externos, pero relacionados a los cuatro componentes internos y a los dos enfoques, se tiene el apoyo de las redes de conocimiento, estas pueden ser sectoriales (Mesas) o institucionales [12] [13]. Tanto los componentes internos, como los componentes externos son influenciados de manera directa o indirecta, por las políticas nacionales e internacionales, donde aspectos como la globalización y otros paradigmas del mundo contemporáneo, también presentan una gran influencia en estos. En la Figura 1, se presenta el modelo pedagógico para los programas de formación técnica-tecnológica del SENA.

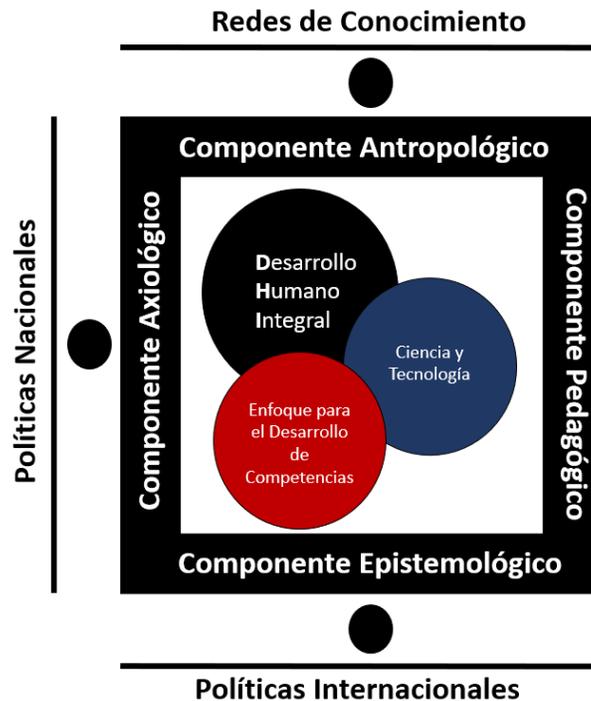


Fig. 1. Modelo pedagógico para los programas de formación técnica-tecnológica

Desde el Centro de Electricidad, Electrónica y Telecomunicaciones, se propuso fortalecer el programa de TMEB, tomando los enfoques para el desarrollo de competencias y el de ciencia y tecnología. Esto fue gracias al desarrollo de una encuesta dirigida a aprendices e instructores del programa TMEB, la cual constaba de 8 preguntas, en la Figura 2 se presentan los resultados obtenidos.

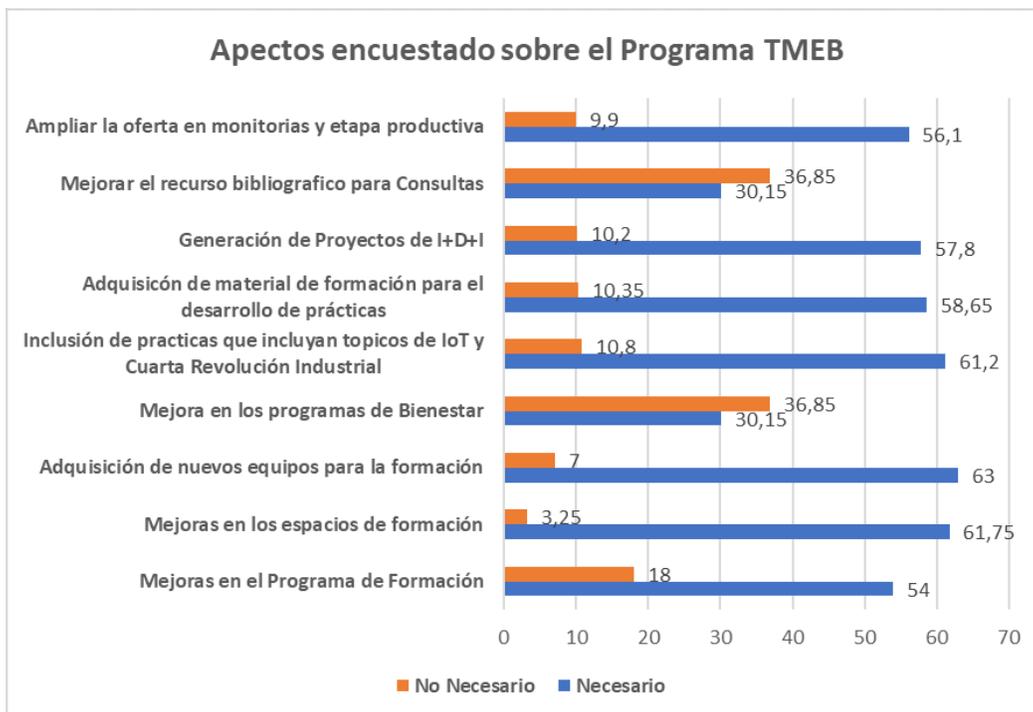


Fig. 2. Aspectos encuestados a los aprendices e instructores del programa en TMEB.

Los resultados de la encuesta mostraron que la mejora en los espacios de formación y la adquisición de nuevos equipos para formación, fueron los aspectos más relevantes, para lograr mejoras en el programa de TMEB del CEET. Por lo anterior, desde la convocatoria de proyectos SENNOVA 2019, se propuso un proyecto de la línea 23 de Modernización y adecuación de ambientes, el cual tuviera como objetivos la mejora en los ambientes de formación del programa de TMEB, donde además de lograr la adecuación de ambientes y la adquisición de nuevos equipos, se generarían mecanismos para lograr la mejora en los aspectos restantes de la encuesta, tales como:

- Mejoras en el Programa de Formación
- Inclusión de prácticas que incluyan tópicos de IoT y Cuarta Revolución Industrial
- Adquisición de material de formación para el desarrollo de prácticas
- Generación de Proyectos de I+D+I

3 METODOLOGÍA

El programa de formación en TMEB actualmente consta de una etapa lectiva, la cual se desarrolla en un periodo de 18 meses y una etapa productiva, la cual se desarrolla en un periodo de 6 meses, como se muestra en la Figura 3.

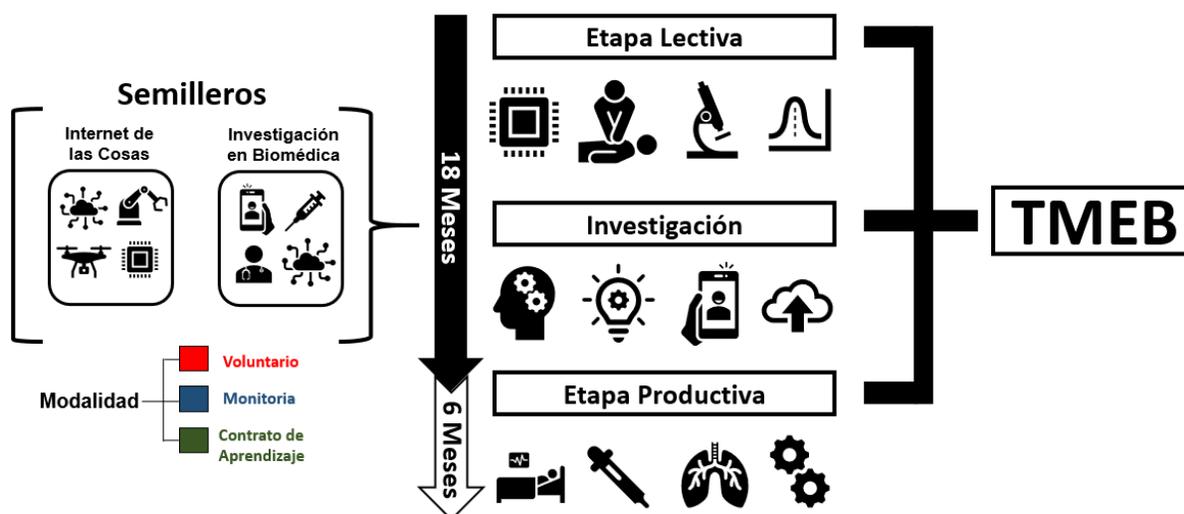


Fig. 3. Programa en TMEB y articulación con los semilleros de investigación

Durante el desarrollo de la etapa lectiva, el aprendiz adquiere las competencias necesarias del programa, además se realizan los procesos de investigación formativa. Sin embargo, estos procesos presentan limitaciones en infraestructura a nivel de equipos y de espacios apropiados ya que, por una parte, la gran mayoría de equipos usados en las prácticas han sido dados de baja de operación y luego donados por instituciones hospitalarias, y, por otro lado, actualmente no se cuenta con equipos que permitan la simulación de variables biomédicas, los cuales son de gran importancia para el desarrollo de procesos de formación e investigación. Con el propósito de fortalecer el programa y los procesos de investigación, además de lograr mantener el registro calificado en futuros procesos de evaluación, se propuso un proyecto de Modernización de ambientes por parte de los instructores del programa, el cual, además de fortalecer los procesos formativos, permitiera también fortalecer los procesos de investigación desde los semilleros de investigación. El proyecto fue propuesto en el marco de la convocatoria SENNOVA del año 2019. Los recursos estarían encaminados a la adquisición de equipos especializados y a la mejora de los tres ambientes de formación en TMEB, con los que cuenta el centro. Además, el proyecto envolvió la creación de un nuevo semillero de investigación en Biomédica para apoyar las labores del semillero de investigación en IoT en el desarrollo de productos de investigación del proyecto, tales como el desarrollo de manuales y guías de manejo de los nuevos equipos adquiridos, y en el apoyo a procesos de divulgación. En la Figura 5 se muestra la articulación de los semilleros y los instructores para el desarrollo de los objetivos del proyecto, los cuales se relacionan en la Figura 4.

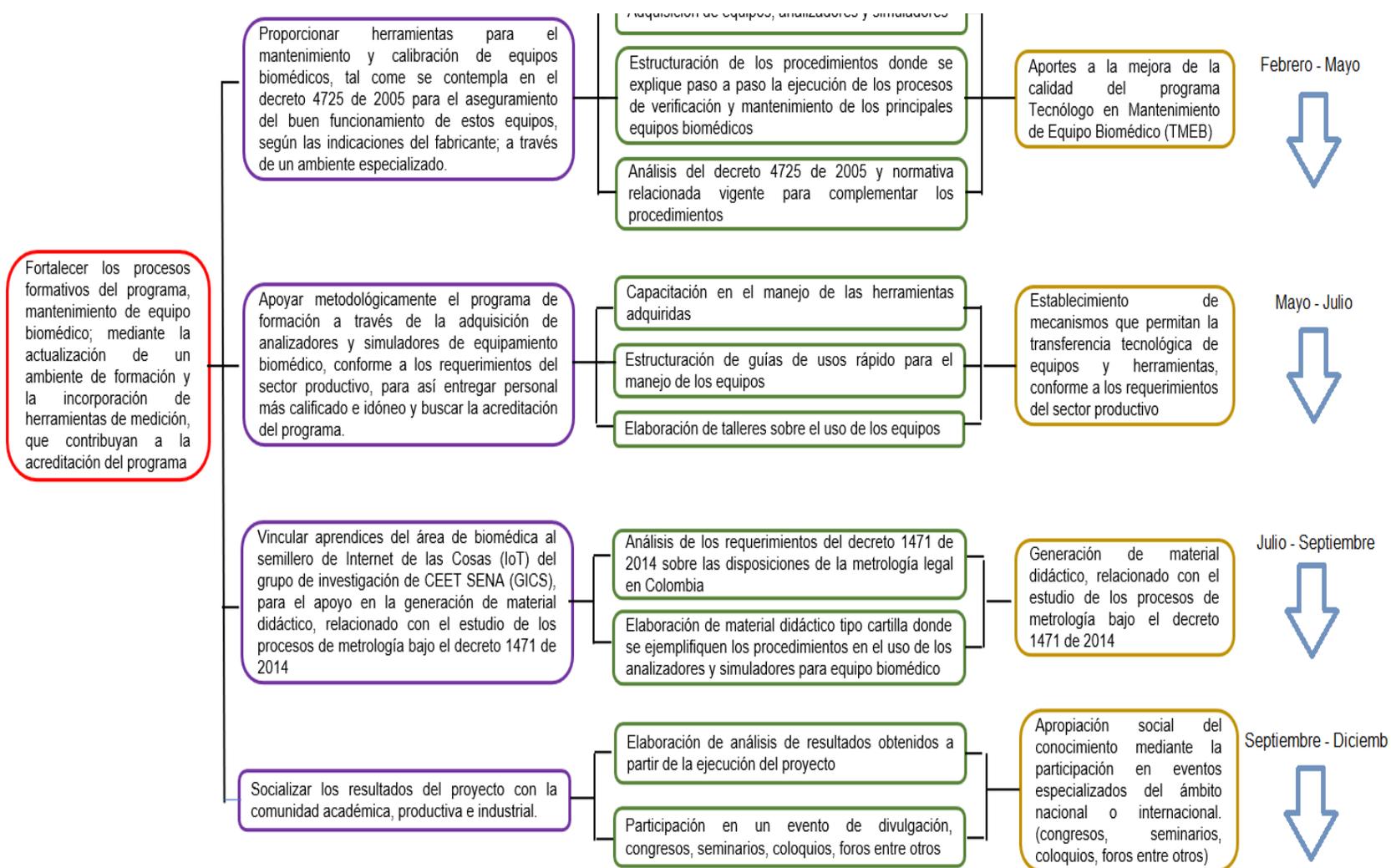


Fig. 4. Objetos, actividades y productos del proyecto de modernización propuesto.

Semilleros de Investigación



Actividades Realizadas

- (4) Guías de Aprendizaje
- Participación en eventos de Divulgación (Virtual)
- Adecuación de los ambientes de Biomédica
- Adquisición de equipos especializados
- Desarrollo de temáticas relacionada al Decreto 4725 de 2005 (Equipos Biomédicos)
- Desarrollo de temáticas relacionada al Decreto 1471 de 2014 (Procesos de Metrología en Biomédica)

Fig. 5. Programa en TMEB y articulación con los semilleros de investigación

Como se muestra en la Figura 4, se presentan los objetivos, actividades y productos propuestos para el proyecto, por la actual contingencia por la pandemia COVID19, algunos de los productos todavía están en desarrollo, como son los procesos de adecuación de ambientes, los demás entregables están en proceso de finalización, como son las guías de aprendizaje y artículos de descripción de los nuevos equipos, los cuales están montados en una página web, para su consulta por parte de los usuarios. Se espera que al finalizar el año 2020 y en el transcurso del 2021, los ambientes ya estén actualizados y a la espera de las disposiciones del ministerio para el proceso de retorno a las actividades presenciales.

4 RESULTADOS

Actualmente se están consolidando los resultados del proyecto, el primero es el relacionado a las adecuaciones del ambiente, las cuales se han visto pospuestas por la contingencia por COVID-19, y sólo hasta finales del mes de octubre de 2020 fue posible iniciar los procesos, como se observa en la Figura 6.



Fig. 6. Izquierda, ambientes de Biomédica. Derecha, procesos de adecuación de ambientes.

El segundo resultado logrado en su totalidad es el relacionado a la adquisición de equipos especializados, en la Figura 7 se presentan los equipos adquiridos, y como estos estarán relacionados a dos de los objetivos del proyecto, como son el conocimiento por parte de los aprendices e instructores del programa de TMEB, en los artículos: Decreto 4725 de 2005 y Decreto 1471 de 2014, los cuales, con los equipos adquiridos, permitirán generar los mecanismos para su implementación en el programa.

En relación con los otros resultados de investigación, se tiene el desarrollo de cuatro guías de aprendizaje, dos de ellas finalizadas y dos en proceso de finalización, las cuales están orientadas a la operación de los nuevos equipos adquiridos y su aplicación en el desarrollo de los Decretos 4725 y 1471 para el programa de TMEB. También en el desarrollo de procesos de divulgación entre los aprendices e instructores del programa. Se espera finalizar los procesos de adecuación de ambientes y de las guías de aprendizaje a inicios del año 2021. Con estas mejoras se espera fortalecer los procesos de investigación de los aprendices, y por medio futuras convocatorias de proyectos SENNOVA, lograr la adquisición de nuevos equipos e insumos para el desarrollo de las soluciones que demande el sector de equipos biomédicos.



Fig. 7. Equipos especializados, adquiridos por el proyecto.

5 CONCLUSIONES

La inclusión de los procesos de investigación, a nivel de los programas de carácter técnico y tecnológico, fortalece los procesos formativos. Sin embargo, es necesario contar con espacios y equipos especializados, para que estos procesos puedan lograr un alcance a nivel de productos de investigación.

Para continuar con el registro calificado del programa en TMEB y lograr fortalecer los procesos formativos, se debe continuar con el mejoramiento en infraestructura y equipos, los cuales brindan a los aprendices nuevas herramientas, las cuales les permitirán ser competitivos en el sector del mantenimiento de equipos biomédicos.

Los semilleros de investigación son los espacios idóneos para la consecución de ideas y soluciones, tanto a nivel académico, como para la generación de proyectos que aporten a temáticas específicas del área.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue desarrollado por medio del proyecto de la línea de Modernización de ambientes SENNOVA 2019: Implementación de Nuevas Estrategias Formativas a través de la Actualización y Modernización Tecnológica del Ambiente de Biomédica, para el Centro de Electricidad, Electrónica y Telecomunicaciones.

REFERENCIAS

- [1] S. M. Velásquez, J. D. Vahos Montoya, M. E. Gómez Adasme, E. J. Restrepo Zapata, A. A. Pino, and S. Londoño Marín, "Una revisión comparativa de la literatura acerca de metodologías tradicionales y modernas de desarrollo de software," *Rev. CINTEX*, vol. 24, no. 2, pp. 13–23, Dec. 2019, doi: 10.33131/24222208.334.
- [2] Y. Yang, "Impact of the COVID-19 Pandemic on Biomedical and Clinical Research," *Matter*, vol. 3, no. 4, pp. 970–973, Oct. 2020, doi: 10.1016/j.matt.2020.08.026.
- [3] E. B. Machado Córdoba and A. A. Pino Martínez, "Desarrollo de un aplicativo para el modelo de alternancia académica en tiempos de COVID-19 'SENA ME CUIDA,'" *Rev. CINTEX*, vol. 25, no. 1, pp. 32–39, Dec. 2020, doi: 10.33131/24222208.357.
- [4] D. Emmerling, P. W. Sholar, and R. A. Malkin, "A sustainability evaluation of a biomedical technician training program in Honduras," *Health Technol.*, vol. 8, no. 4, pp. 291–300, Sep. 2018, doi: 10.1007/s12553-018-0241-7.
- [5] C. Hernandez, D. Velez, and J. A. Isaza, "Diseño de una plataforma de prueba de sensores virtuales para el sistema glucosa-insulina de pacientes UCI usando la técnica HIL," *Rev. CINTEX*, vol. 23, no. 2, pp. 61–75, Dec. 2018, doi: 10.33131/24222208.318.
- [6] P. Velásquez, "Latinoamérica líder en el mercado de equipos y dispositivos médicos," *Consultorsalud*, 2019, [Online]. Available: <https://consultorsalud.com/latinoamerica-lider-en-el-mercado-de-equipos-y-dispositivos-medicos/>.
- [7] Invima, "Dispositivos médicos y equipos biomédicos," *Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos*. <https://www.invima.gov.co/dispositivos-medicos-y-equipos-biomedicos>.
- [8] Ministerio de salud y protección social, "Guía para las Mediciones en Equipos Biomédicos," *Dir. Medicam. y Tecno. en Salud*, vol. 1, p. 26, 2015, [Online]. Available: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/MET/guia-rapida-para-las-mediciones-en-equipos-biomedicos-v05282015.pdf>.
- [9] M. Correa, M. P. Villalba, and J. H. García, "Protocolos para evaluación de desempeño en equipos médicos," *Rev. Ing. Bioméd.*, vol. 11, no. 22, Oct. 2017, doi: 10.24050/19099762.n22.2017.1185.
- [10] Ministerio de Salud y Protección Social, "Resolución 4725 de 2005," *República Colomb.*, vol. 0, no. Diciembre 26, p. 31, 2005, [Online]. Available: http://www.who.int/medical_devices/survey_resources/health_technology_national_policy_colombia.pdf.
- [11] I. Y. T. MINISTERIO DE COMERCIO, "Decreto 1471 De 2014," *Minist. Comer. Ind. y Tur.*, pp. 1–43, 2014, [Online]. Available: <https://www.mincit.gov.co/getattachment/0f3228ab-1d0e-49e6-91c5-22875d1c5d85/Decreto-1471-de-2014-Por-el-cual-se-reorganiza-el.aspx>.
- [12] Servicio Nacional de Aprendizaje-SENA, "Proyecto Educativo Institucional.," *Entorno Geográfico*, no. 2, pp. 1–56, 2013, doi: 10.25100/eg.v0i2.3569.
- [13] SENA, "EDT – Modelo Pedagógico SENA DOCUMENTO No. 18 11. COMPONENTE PEDAGÓGICO 1," 2012.