



DISEÑO CURRICULAR DEL PROGRAMA TÉCNICO LABORAL AUXILIAR EN MANTENIMIENTO MECATRÓNICO, UNA EXPERIENCIA DE CONSTRUCCIÓN COLECTIVA PARA APORTAR A LA COMPETITIVIDAD DEL PAÍS

Luis M. Aristizábal Gómez, Diana M. Espinal, Juan A. Ramírez Macías, Roberto C. Hincapié

**Universidad Pontificia Bolivariana
Medellín, Colombia**

Resumen

La mayoría de los sectores industriales a nivel mundial están sufriendo cambios acelerados, propios de la llamada Industria 4.0. En este contexto se requiere la formación en habilidades y competencias que soporten nuevas tecnologías y que faciliten su incorporación al sistema productivo del país. En este trabajo se muestra cómo se le puede dar respuesta a esta necesidad a través de formar Técnicos Laborales con capacidades para realizar actividades de apoyo en la automatización e instrumentación, relacionadas con el alistamiento, mantenimiento e instalación de instrumentos de medición y control de procesos en sistemas mecatrónicos. El programa es denominado Técnico Laboral Auxiliar en Mantenimiento Mecatrónico. El trabajo comprendió un estudio de las Normas Sectoriales de Competencia Laboral (NSCL) pertinentes, haciendo una revisión detallada de los resultados de aprendizaje, saberes específicos, criterios de evaluación y evidencias. Asimismo, incluyendo un ejercicio de agrupamiento y clasificación de los saberes que facilita la conformación de un plan de estudios articulado con niveles de formación superiores. Se incluyó, también, ejercicios de discusión al interior de las comunidades académicas y el proceso natural de aprobación ante los diferentes órganos colegiados. Estos procesos mostraron que este proyecto acarrea un proceso de gestión del cambio dentro de la institución, que plantea retos diversos. El programa presentado es un ejemplo de construcción curricular colectiva, diversificación de oferta formativa de una IES tradicionalmente académica. Así, la puesta en marcha y sostenimiento del programa validaría la apuesta que está haciendo UPB por impactar el medio

laboral e industrial y serviría como inspiración a las universidades para replantear los modelos tradicionales, de cara a un medio altamente dinámico como el que impone la Industria 4.0.

Palabras clave: industria 4.0; formación técnica laboral

Abstract

Most of the industrial sectors worldwide are undergoing accelerated changes, because of the so-called Industry 4.0. In this context, training in skills and competencies that support new technologies and facilitate their incorporation into the country's productive system is required. This work shows that it is feasible to respond to this requirement by training Labor Technicians with abilities to carry out support activities in automation and instrumentation, related to the setup, maintenance and installation of measurement and process control instruments in mechatronic systems. The program is called Auxiliary Labor Technician in Mechatronic Maintenance. The work includes a study of the pertinent Sectors Standards of Labor Competence (NSCL) and making a detailed review of the learning outcomes, specific knowledge, evaluation criteria and evidence. Likewise, this includes grouping and classifying contents, which facilitates the development of a study plan that has continuity with undergraduate programs. Discussion exercises within the academic communities and the natural approval process before the different collegiate bodies were also included. These processes showed that this project involves changes within the institution, which pose various challenges. The program presented herein is an example of collective curricular construction, diversification of the training offer of a traditionally academic Higher Education Institution. Thus, the implementation and maintenance of the program validates the commitment that UPB is making to impact the labor and industrial environment and would serve as an inspiration to universities to rethink traditional models, facing a highly dynamic environment such as that imposed by the Industry 4.0.

Keywords: industry 4.0; vocational education and training

1. Introducción

En Colombia, las Instituciones de Educación Superior (IES) deben avanzar a la par con los referentes internacionales para poder competir en el mercado mundial y, consecuentemente, adaptarse a los cambios acelerados propios de la cuarta revolución industrial. Sectores como manufactura, minería, petróleo y gas, agricultura, alimentos y bebidas, acero y cemento, involucran sistemas mecatrónicos de manera creciente. Dichos sistemas, entre los cuales están los robots y automatismos, son los habilitadores y las tecnologías necesarias para contribuir al desarrollo sostenible de la sociedad contemporánea. La formación en habilidades y competencias que soporten estas tecnologías es fundamental para lograr su incorporación al sistema productivo del país, además de ser clave para hacer competitiva a la industria colombiana en el mercado internacional. Un enfoque que pueden tomar las IES para abordar esta situación es por medio de la creación de programas profesionales, posgrados y proyectos de investigación. Es usual que estas instituciones desconozcan el papel que juega la formación técnica y tecnológica en los procesos de industrialización. La transición del país



a la Industria 4.0 involucra el paso de lo conceptual a lo material. Para esto se requiere personal con formación técnica, habilitado para el manejo de tecnologías de la información y las comunicaciones, programación para la automatización y la robótica (Giffi, y otros, 2018).

Por otro lado, la inflexibilidad a la hora de encontrar oportunidades de ascenso en el nivel educativo o continuar con la formación de los estudiantes es un problema que padece el sistema educativo colombiano. “El problema es complejo e involucra distintas clasificaciones de cualificaciones, su reconocimiento y su legitimidad, entre distintos actores del sistema” (ANDI, 2015). Dicha problemática está en miras del Ministerio de Educación y en la evaluación que la OECD hizo sobre la educación terciaria en el país. Los programas de formación técnica laboral y tecnológica que ofrecen las IES deben estar articulados de manera que favorezcan el crecimiento del nivel educativo de sus estudiantes.

Con base en lo anterior, la Universidad Pontificia Bolivariana (UPB) toma la decisión de crear, en el año 2019, la Dirección UPBTec, Programas Técnicos y Tecnológicos, para atender esta necesidad. Se crea con la intención de formar talento para la innovación y la competitividad, bajo el enfoque de capacidades humanas y competencias, con premisas claras como responder a las necesidades de los sectores económicos con formación dual e inmersión empresarial; certificación en competencias académicas, laborales y profesionales; articulación entre niveles de formación y ofrecer rutas de formación entre las áreas; generar experiencias diferenciales y disruptivas.

En este documento se presenta un modelo de cómo crear programas técnicos y tecnológicos en una universidad cuya vocación ha estado tradicionalmente en la formación profesional y posgradual. Más concretamente, este modelo se ilustra a través del trabajo conjunto entre UPBTec y la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Escuela de Ingenierías de la UPB, en el cual se identifica una oportunidad de oferta educativa para dar respuesta a las actuales y futuras necesidades del sector industrial. En este ejercicio se decide formar Técnicos Laborales con capacidades para realizar actividades de apoyo en la automatización e instrumentación, relacionadas con el alistamiento, mantenimiento e instalación de instrumentos de medición y control de procesos en sistemas mecatrónicos, bajo la denominación de Técnico Laboral Auxiliar en Mantenimiento Mecatrónico. En la Sección 2, se establece el contexto institucional bajo el cual se formula este programa técnico laboral; en la Sección 3, se describen los requerimientos generales establecidos para todos los programas de este tipo en la institución; en la Sección 4, se detalla el proceso de formulación; en la Sección 5, se muestra el resultado, en la forma de malla curricular; la Sección 6 recoge las experiencias aprendidas en el proceso y se concluye.

2. Contexto

La Universidad Pontificia Bolivariana es una IES que cuenta con acreditación de Alta Calidad Multicampus, con una oferta amplia en programas de pregrado y postgrado. Su modelo pedagógico es integral, humanista, multidisciplinar, innovador e intercultural, y busca diversificar su oferta en diferentes niveles de formación con calidad, dando respuesta a las necesidades de los diferentes sectores económicos. La Unidad de Técnicas y Tecnologías (UPBTec), adscrita a la vicerrectoría académica, se crea por Acuerdo N° 05 de 2019 del consejo Directivo General y su



alcance es ofertar programas técnicos laborales (Educación para el Trabajo y el Desarrollo Humano - EDTH), técnicos profesionales y programas tecnológicos para dar respuesta a la necesidad de modernizar en sus contenidos, articular entre niveles de formación, de cara a la cuarta revolución industrial. UPBTec se consolida con el objetivo de formar talento para la innovación y la competitividad, teniendo como base los siguientes elementos de valor diferenciadores:

- programas que respondan a los sectores económicos con formación dual, inmersión en las empresas,
- certificación en competencias académicas, laborales y profesionales,
- articulación entre niveles de formación,
- generación de experiencias educativas disruptivas y diferenciales.

3. Requerimientos generales para los programas técnicos y tecnológicos UPBTec

Como punto de partida, se deben tener lineamientos claros a nivel institucional. Para esto, UPBTec definió algunos requerimientos que se deben satisfacer para cualquier programa técnico y tecnológico formulado desde la unidad. Cada programa debe:

- llevar el sello institucional, en este caso el de la UPB, i.e., debe tener un enfoque en la formación integral, humanista y de alta calidad;
- permitirle al estudiante la posibilidad de continuar con su formación profesional;
- responder a competencias enunciadas por las mesas sectoriales;
- estar conectado con un sector industrial que requiera de personas con formación técnica.

El primer requerimiento se alinea con el modelo pedagógico de la Universidad, y es el que permite articular la filosofía institucional con el programa diseñado. El segundo apunta a la generación de capital humano en el país, con los niveles de formación acorde a las necesidades del medio, aprovechando la amplia trayectoria de la Institución en la formación de profesionales a nivel de pregrado y posgrado. El tercero es necesario para poder ofertar programas técnicos laborales, los cuales se rigen por un modelo basado en Normas Sectoriales de Competencia Laboral (NSCL), las cuales son desarrolladas por actores clave de cada uno de los sectores industriales involucrados desde la academia, el estado y las empresas. El último está conectado con una necesidad real de capacidades en la industria, lo que finalmente justifica la creación y oferta de un programa. Este último requerimiento es el punto de partida para el proceso de formulación del programa técnico laboral objeto de este documento. Cabe resaltar que se establecieron algunos requerimientos adicionales específicos a los programas técnicos laborales, obedeciendo al direccionamiento estratégico establecido a nivel institucional:

- los programas deben tener una duración de tres (3) semestres, con una duración entre 1200 y 1500 horas en total,
- la mitad de las horas estipuladas deben destinarse a actividades de práctica profesional en una empresa,



- los programas deben tener módulos institucionales de formación en segundo idioma (inglés), permitiéndole al aprendiz adquirir un nivel mínimo establecido por programa.

4. Proceso de formulación de un programa técnico laboral

El proceso de formulación de un programa técnico laboral en la UPB se ejemplifica con el caso específico del programa Técnico Laboral Auxiliar en Mantenimiento Mecatrónico (TLAMM), esfuerzo conjunto entre UPBTec y la Facultad de Ingeniería. Este se describe gráficamente, de manera secuencial por etapas en la Figura 1.

- Etapa A: Identificar necesidad en la industria

UPBTec realiza un análisis del sector específico, en colaboración con la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Escuela de Ingenierías. En este trabajo se identifica una oportunidad de oferta educativa para dar respuesta a las actuales y futuras de sector de la automatización y la mecatrónica, por lo cual se decide formar Técnicos Laborales con capacidades para realizar actividades de apoyo en la automatización e instrumentación, relacionadas con el alistamiento, mantenimiento e instalación de instrumentos de medición y control de procesos en sistemas mecatrónicos.

- Etapa B: Identificar NSCL compatibles con la necesidad

Para seleccionar las NSCL pertinentes a la necesidad identificada, es necesario ubicar las mesas sectoriales más representativas del tema. Las mesas sectoriales son agrupaciones de actores representativos por sectores industriales, donde intervienen academia, empresa y estado (SENA, 2021).



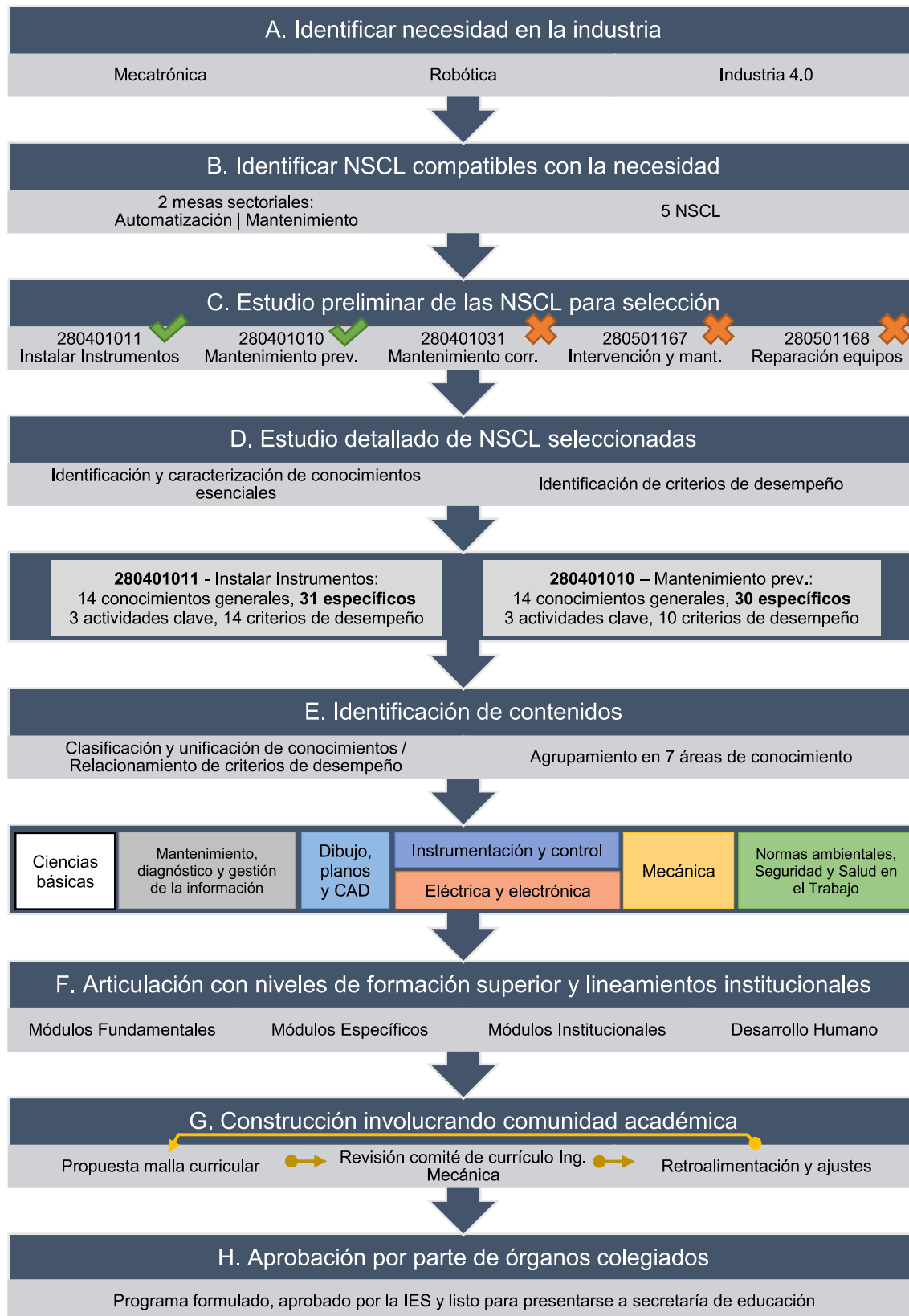


Figura 1. Etapas del proceso de formulación de programa técnico laboral auxiliar en mantenimiento mecatrónico.



Para el tema de mecatrónica se seleccionaron las mesas sectoriales de Automatización, de la regional Valle, y Mantenimiento, de la regional Distrito Capital. Dado que cada mesa sectorial soporta distintas NSCL, la búsqueda de estas se simplifica habiendo identificado las mesas. Se realizaron búsquedas en el sistema del Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) para cada mesa sectorial, luego se recopilaron las normas más pertinentes de acuerdo con el título y los criterios de desempeño especificados. Se obtuvo como resultado un conjunto de 5 NSCL:

- 280401011 - Instalar Instrumentos de acuerdo con el diseño.
 - 280401010 - Conservar el sistema de automatización según el instructivo técnico de mantenimiento preventivo.
 - 280401031 - Corregir anomalías de sistemas de instrumentación y control según procedimiento técnico y manuales de operación.
 - 280501167 - Intervenir equipos de acuerdo con técnicas de mantenimiento preventivo.
 - 280501168 - Reparar equipos según procedimiento y manuales técnicos.
- Etapa C: Estudio preliminar de las NSCL para selección

Debido a las restricciones de duración de programas técnicos laborales establecidas a nivel institucional, se debió ajustar el número de NSCL abordadas, de manera que fuese realizable la correcta formación y certificación de los aprendices. De las 5 NSCL seleccionadas en la etapa anterior, se escogieron dos. El criterio de selección fue la compatibilidad entre criterios de desempeño.

- Etapa D: Estudio detallado de NSCL seleccionadas

El estudio detallado de cada norma consistió en:

1. Listado de los criterios de desempeño
2. Listado de los conocimientos esenciales
3. Listado de las evidencias de desempeño y conocimiento.
4. Descomposición de conocimientos esenciales en específicos.

El resumen del estudio se puede observar en la Figura 1.

- Etapa E: Identificación de contenidos

El objetivo de esta etapa es identificar los contenidos que llevarían a la formulación de los módulos específicos, los cuales finalmente constituyen el núcleo de la malla curricular. Dado que se trabajó con dos NSCL, se realizó un agrupamiento de cada conocimiento específico de acuerdo al área de conocimiento a la que pertenece. Los 61 conocimientos específicos identificados se agruparon de acuerdo al área de conocimiento, logrando identificar siete de estas.

Este tipo de ejercicios brindan claridad sobre las relaciones entre conocimientos abordados en el programa que se está formulando, y los programas existentes en las IES, facilitando el proceso de articulación con los niveles de formación superiores, específicamente, con programas como



Ingeniería Mecánica, Eléctrica y Electrónica. En la Figura 2 se muestra un ejemplo de agrupación. Las áreas resultantes se pueden ver en la Figura 1, Etapa E.

- Etapa F: Articulación con niveles de formación superior y lineamientos institucionales

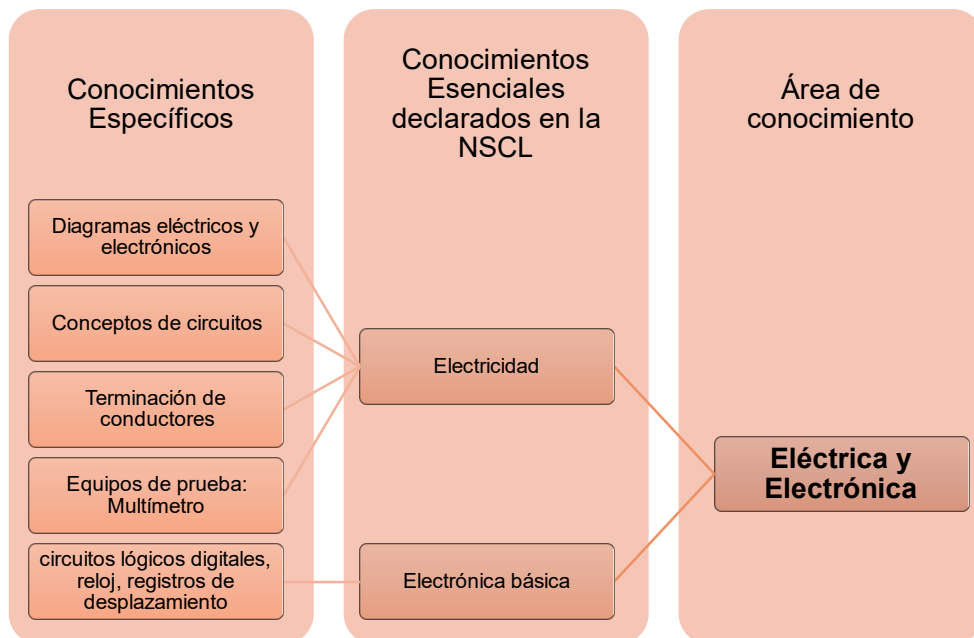


Figura 2. Etapas del proceso de formulación de programa técnico laboral auxiliar en mantenimiento mecatrónico.

El ejercicio de agrupamiento e identificación de áreas facilitó la configuración de módulos con base en los conocimientos a un nivel detallado. De esta forma se logran articular módulos fundamentales al inicio del programa que abordan contenidos de áreas como ciencias básicas (matemáticas, física y química), dibujo, herramientas informáticas, entre otros; mientras que los módulos específicos incorporan los conocimientos necesarios para cumplir con los criterios de competencia. Esta forma de articulación facilita la conexión con niveles superiores de formación, ya que los módulos resultantes son altamente compatibles para ser homologados con cursos de los pregrados en ingeniería afines. Cabe resaltar que para la configuración completa del programa se tuvieron en cuenta de forma paralela, los módulos institucionales, específicamente el módulo de inglés, así como la componente de desarrollo humano que caracteriza los programas de la Institución.

- Etapa G: Construcción involucrando comunidad académica

Obtenido un modelo de currículo para el programa, se socializa con los pares del comité de currículo de programas profesionales afines. En este caso particular, se presentó el programa formulado en su primera versión al comité de currículo de la Facultad de Ingeniería Mecánica, donde recibió retroalimentación valiosa que pudo ser usada en una nueva iteración de la malla curricular. Este proceso debe ser iterativo, llevándose a cabo los ciclos que sean necesarios.



- Etapa H: Aprobación por parte de órganos colegiados

Finalmente, se lleva a cabo el proceso natural de aprobación ante los diferentes órganos colegiados. En el caso específico del programa TLAMM: Consejo de Facultad de Ingeniería Mecánica, Consejo de Escuela de Ingenierías, y por último, Consejo Académico General. Con la aprobación en la última instancia a nivel institucional, se procede a la presentación del programa ante el correspondiente ente gubernamental, que para los programas técnicos laborales, son las secretarías de educación a nivel local.

5. Descripción del programa técnico laboral

En la Figura 3 se muestra la malla curricular del programa TLAMM. La distribución de módulos se realizó de manera tal que se tiene:

- un módulo fundamental para abordar temas de ciencias básicas,
- tres módulos específicos que abarcan los conocimientos necesarios para cumplir con los criterios de desempeño estipulados en las NSCL,
- un módulo institucional de lengua extranjera,
- un módulo de desarrollo humano,
- un semestre de práctica laboral.

MALLA CURRICULAR POR COMPETENCIAS TÉCNICO LABORAL "AUXILIAR EN MANTENIMIENTO MECATRÓNICO"					
SEMESTRE I (S1)- ETAPA LECTIVA		SEMESTRE II (S2) - ETAPA LECTIVA		SEMESTRE III (S3) - ETAPA PRÁCTICA	
Fundamentos de ciencias básicas		Mantenimiento Mecatrónico		PRÁCTICA LABORAL	
96	2	144	3		
HTP	CR	HTP	CR		
Introducción a la Mecatrónica		Instalación de sistemas mecatrónicos			
96	2	144	3		
HTP	CR	HTP	CR		
Lengua extranjera - Inglés Nivel A1		Desarrollo Humano			
144	3	24	0,5		
HTP	CR	HTP	CR		
SUBTOTAL HORAS S1		SUBTOTAL HORAS S2			
SUBTOTAL CREDITOS S1		SUBTOTAL CREDITOS S2			
% DE LA FORMACIÓN		% DE LA FORMACIÓN			
HTP : HORAS TEÓRICO-PRÁCTICAS		Módulo específico		TOTAL HORAS PROGRAMA	
CR: CREDITOS		Módulo institucional		TOTAL DE CRÉDITOS	

Figura 3. Malla curricular del programa TLAMM.



6. Lecciones aprendidas y conclusiones

La Universidad Pontificia Bolivariana ha tenido una apuesta curricular que brinde educación para toda la vida, desde preescolar hasta doctorado. Hasta la fecha el eslabón faltante estaba en la formación técnica y tecnológica. En este trabajo se muestra un ejercicio de construcción curricular que articula la educación media y la educación superior, en un entorno en el que identificamos un perfil de estudiante cada vez más inquieto por conocer desde la experiencia, lo práctico, lo vivencial e inclusive a temprana edad.

El programa Técnico Laboral Auxiliar en Mantenimiento Mecatrónico es un ejemplo de construcción curricular colectiva y de diversificación de la oferta formativa de una IES tradicionalmente académica. Este trabajo se llevó a cabo entre personas conocedoras de procesos de formación técnica y tecnológica y formación profesional y avanzada. Ambas visiones son fundamentales, complementarias y útiles para el proceso, pero los procesos de aprendizaje institucional son inevitables. La lógica que se usa para formular un programa técnico es diferente al de un programa profesional y esta lógica requiere de un proceso de aprendizaje. Este proyecto acarrea un proceso de gestión del cambio dentro de la institución.

Un reto de este proceso es la adaptación de la infraestructura para soportar educación técnica y tecnológica. La Universidad cuenta con infraestructura suficiente para soportar formación profesional y avanzada. Sin embargo, se requiere de implementaciones adicionales para soportar los requerimientos del programa técnico.

El programa formulado se encuentra aprobado y debe pasar a la fase de materialización. La puesta en marcha y sostenimiento del programa validaría la apuesta que está haciendo UPB por impactar el medio laboral e industrial, y serviría como inspiración a las universidades para replantear los modelos tradicionales, de cara a un medio altamente dinámico como el que impone la Industria 4.0. Como este trabajo es una apuesta a un nuevo tipo de formación, queda la pregunta abierta de si este tipo de formación se logrará incrustar adecuadamente a las lógicas institucionales de la Universidad. Esta pregunta debe responderla el paso del tiempo.

7. Referencias

- Giffi, C., Wellener, P., Dolar, B., Manolian, H. A., Monck, L., & Moutray, C. (2018). 2018 Deloitte and The Manufacturing Institute skills gap and future of work study. Deloitte Insights.
- ANDI. (2015). Estrategia para una nueva industrialización. Bogotá, Colombia: ANDI.
- Servicio Nacional de Aprendizaje (2021, junio). Mesas Sectoriales – Conectando Sectores. Consultado el 18 de junio de 2021 en <https://www.sena.edu.co/es-co/Empresarios/Paginas/mesasSectoriales.aspx>

Sobre los autores

- **Luis M. Aristizábal:** Ingeniero Electrónico, Magíster en Ingeniería de la Universidad Pontificia Bolivariana. Docente interno de la Facultad de Ingeniería Mecánica, Escuela de



Ingenierías, Universidad Pontificia Bolivariana. Miembro del Grupo de Automática y Diseño A+D. luismiguel.aristizabal@upb.edu.co.

- **Diana M. Espinal:** directora de la Unidad de Técnicas y Tecnológicas UPBTec, Universidad Pontificia Bolivariana. diana.espinalg@upb.edu.co.
- **Juan A. Ramírez Macías:** Ingeniero Mecánico, Especialista en Automática, Magíster en Ingeniería. Profesor Titular de la Facultad de Ingeniería Mecánica, Escuela de Ingenierías, Universidad Pontificia Bolivariana. Investigador Asociado del Grupo de Automática y Diseño A+D. juan.ramirez@upb.edu.co.
- **Roberto C. Hincapié:** Ingeniero electrónico, Magister en Ingeniería, Doctor en Ingeniería de la Universidad Pontificia Bolivariana. Profesor titular. roberto.hincapie@upb.edu.co

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2021 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)

