



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA**  
**INGENIERÍA DE SISTEMAS – PLANEACIÓN**

UN PLAN PARA CREAR UN *MAKERSPACE*

TESIS  
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:  
MAESTRO EN INGENIERÍA

PRESENTA:  
ISRAEL OLIVOS BARRANCO

TUTOR:  
DR. JAVIER SUÁREZ ROCHA  
FACULTAD DE INGENIERÍA, UNAM

CIUDAD UNIVERSITARIA, CIUDAD DE MÉXICO, AGOSTO 2022.



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**JURADO ASIGNADO:**

Presidente: (NOMBRE)

Secretario: (NOMBRE)

Vocal: DR. JAVIER SUÁREZ ROCHA

1 er. Suplente: (NOMBRE)

2 d o. Suplente: (NOMBRE)

Lugar donde se realizó la tesis:

Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, Ciudad de México.

**TUTOR DE TESIS:**

DR. JAVIER SUÁREZ ROCHA

-----  
**FIRMA**

## **AGRADECIMIENTOS**

Gracias a Dios por darme la vida.

Gracias a la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Facultad de Ingeniería, por haberme brindado la oportunidad de realizar estudios de Posgrado mediante el programa de Maestría y Doctorado en Ingeniería.

Agradezco a mi tutor, el Dr. Javier Suárez Rocha, por su asesoría en la realización de esta tesis a lo largo de toda la maestría, y por inspirarme con su ejemplo docente para enseñar con calidad y calidez.

Quedo en deuda con los profesores que contribuyeron a mi formación durante la maestría por su gran dedicación y, en especial, a mis sinodales por su valiosa aportación a este trabajo.

## **DEDICATORIA**

Para Adriana, quien me impulsó y creyó en mí durante todo este tiempo; gracias por compartir la vida conmigo.

A mi mamá Guillermina, por el amor incondicional que siempre me ha dado, por creer en mí siempre y estar en los momentos más importantes.

A mi papá Mario, por siempre estar cuando lo necesité.

A mis hermanas Yazmín y Griselda, así como a mis cuñados Alberto Ángel y Gerardo; los amo mucho y deseo que logren todos sus propósitos.

A mis abuelitas y abuelitos, que vivirán siempre en mi memoria.

## ÍNDICE

Índice de figuras .....	7
Índice de tablas.....	8
<b>RESUMEN</b> .....	9
<b>ABSTRACT</b> .....	9
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	10
<b>1. ANTECEDENTES</b> .....	13
<b>Introducción</b> .....	13
<b>1.1 El contexto de los <i>Makerspace</i></b> .....	14
1.1.1 <i>Contexto de los <i>Makerspace</i> en el nivel internacional</i> .....	14
1.1.2 <i>Contexto de los <i>Makerspace</i> en México</i> .....	18
<b>1.2 Movimiento <i>Maker</i> y educación</b> .....	23
1.2.1 <i>Relación entre el movimiento <i>Maker</i> y el aprendizaje</i> .....	23
1.2.2 <i>El movimiento <i>Maker</i> y la educación formal</i> .....	24
<b>1.3 Constructivismo y construccionismo</b> .....	25
1.3.1 <i>Constructivismo</i> .....	25
1.3.2 <i>Construccionismo</i> .....	26
<b>Conclusiones</b> .....	27
<b>2. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN</b> .....	28
<b>Introducción</b> .....	28
<b>2.1 Formulación de la problemática</b> .....	28
2.1.1 <i>Problemática de la Educación Superior en México</i> .....	28
2.1.2 <i>Problemática de la Educación Superior en el TecNM</i> .....	30
<b>2.2 Delimitación del problema</b> .....	32
2.2.1 <i>Delimitación de la problemática</i> .....	32
2.2.2 <i>El problema por resolver</i> .....	34
2.2.3 <i>El objeto de estudio</i> .....	34
<b>2.3 Alternativas de solución</b> .....	35
2.3.1 <i>Otras alternativas de solución</i> .....	35
2.3.2 <i>Ventajas y áreas de oportunidad de los <i>Makerspace</i></i> .....	39
<b>2.4 La propuesta de solución</b> .....	41
2.4.1 <i>Supuestos</i> .....	42
2.4.2 <i>Objetivos</i> .....	42

2.4.3	<i>Objetivo general</i> .....	43
2.4.4	<i>Alcance</i> .....	43
	<b>Conclusiones</b> .....	43
<b>3.</b>	<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	45
	<b>Introducción</b> .....	45
<b>3.1</b>	<b>El enfoque de sistemas</b> .....	45
3.1.1	<i>Introducción al enfoque de sistemas</i> .....	45
3.1.2	<i>Construcción por composición y descomposición</i> .....	46
3.1.3	<i>Modelo de caja negra</i> .....	48
3.1.4	<i>Aplicación de un modelo de caja negra a un sistema productivo</i> .....	49
3.1.5	<i>Modelo de caja negra del TecNM campus Milpa Alta</i> .....	49
<b>3.2</b>	<b>Metodología de evaluación de proyectos</b> .....	51
3.2.1	<i>Conceptos</i> .....	51
3.2.2	<i>El proceso de evaluación</i> .....	53
3.2.3	<i>Estudio de mercado</i> .....	53
3.2.4	<i>Estudio técnico</i> .....	54
3.2.5	<i>Estudio organizacional</i> .....	55
3.2.6	<i>Estudio financiero</i> .....	56
<b>3.3</b>	<b>El modelo educativo del TecNM</b> .....	57
3.3.1	<i>La formación por competencias del TecNM</i> .....	57
3.3.2	<i>La innovación en el TecNM</i> .....	57
	<b>Conclusiones</b> .....	58
<b>4.</b>	<b>DEFINICIÓN Y EVALUACIÓN DEL PROYECTO</b> .....	60
	<b>Introducción</b> .....	60
<b>4.1</b>	<b>Estudio de mercado</b> .....	60
4.1.1	<i>Objetivos</i> .....	60
4.1.2	<i>Identificación del servicio</i> .....	60
4.1.3	<i>Clasificación del servicio</i> .....	61
4.1.4	<i>Análisis de la demanda y oferta actuales</i> .....	61
4.1.5	<i>Elaboración de la encuesta</i> .....	62
4.1.6	<i>Análisis de resultados</i> .....	63
4.1.7	<i>Oferta actual</i> .....	66
4.1.8	<i>Precio</i> .....	67

4.1.9	<i>Proyección de la oferta y la demanda</i> .....	67
4.1.10	<i>Difusión</i> .....	67
4.1.11	<i>Proyección de ingresos</i> .....	68
<b>4.2</b>	<b>Estudio organizacional</b> .....	<b>68</b>
4.2.1	<i>Aspectos ambientales</i> .....	68
4.2.2	<i>Aspectos jurídicos</i> .....	72
4.2.3	<i>Organización operativa</i> .....	72
4.2.4	<i>Organización durante la gestión</i> .....	75
4.2.5	<i>Organización para la ejecución</i> .....	75
<b>4.3</b>	<b>Estudio técnico</b> .....	<b>75</b>
4.3.1	<i>Marco de referencia</i> .....	75
4.3.2	<i>Localización</i> .....	76
4.3.3	<i>Normatividad vigente</i> .....	77
4.3.4	<i>Proceso de producción</i> .....	78
4.3.5	<i>Tamaño del proyecto</i> .....	78
4.3.6	<i>Ingeniería del proyecto</i> .....	80
4.3.7	<i>Monto de inversión</i> .....	83
<b>4.4</b>	<b>Estudio financiero</b> .....	<b>83</b>
4.4.1	<i>Consideraciones y supuestos</i> .....	83
4.4.2	<i>Ingresos y egresos</i> .....	83
4.4.3	<i>Capital de trabajo</i> .....	85
4.4.4	<i>Inversiones</i> .....	86
4.4.5	<i>Depreciación</i> .....	86
4.4.6	<i>Tasa de descuento</i> .....	87
4.4.7	<i>Flujos</i> .....	87
4.4.8	<i>Indicadores</i> .....	87
<b>4.5</b>	<b>Estudio económico</b> .....	<b>88</b>
4.5.1	<i>Evaluación social</i> .....	88
	<b>Conclusiones</b> .....	<b>89</b>
	<b>CONCLUSIONES GENERALES</b> .....	<b>91</b>
	<b>LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN A SEGUIR</b> .....	<b>93</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>94</b>

## Índice de figuras

Figura 1. Número de Makerspace en el mundo.....	15
Figura 2. Número de Makerspace en los EE. UU. por estado .....	16
Figura 3. Mapa de Makerspace en bibliotecas del Reino Unido.....	16
Figura 4. El auge del Makerspace en China disminuye .....	17
Figura 5 y 6. Práctica en el laboratorio de electrónica.....	23
Figura 7. Porcentaje de empleadores en México con dificultad para cubrir vacantes.....	29
Figura 8. Competencias transformadoras rumbo al 2030.....	30
Figura 9. Tipos de ecosistemas de la Ciudad de México.....	33
Figura 10. Delimitación de la problemática.....	34
Figura 11. Ubicación temporal, espacial y sectorial del TecNM campus Milpa Alta.....	35
Figura 12. Makerspace: cantidad de publicaciones.....	37
Figura 13. Nube de palabras de los títulos que publican sobre Makerspace.....	37
Figura 14. Mapa de conceptos para Makerspace.....	38
Figura 15. Movimiento hacedor.....	40
Figura 16. Makerspace.....	40
Figura 17. Modelo de caja negra de un Makerspace.....	42
Figura 18. Relación entre el mundo operativo y la filosofía a través del paradigma.....	46
Figura 19. Construcción por composición.....	47
Figura 20. Construcción por descomposición.....	47
Figura 21. Procedimiento de construcción por descomposición.....	48
Figura 22. Representación del modelo de caja negra.....	49
Figura 23. Representación de un sistema productivo en un modelo de caja negra.....	49
Figura 24. Representación de Caso I.....	50
Figura 25. Representación de Caso II.....	50
Figura 26. Representación de Caso III.....	51
Figura 27. Enfoques de evaluación.....	52
Figura 28. El proceso de evaluación.....	53
Figura 29. Estudio de mercado.....	54
Figura 30. Estudio técnico.....	54
Figura 31. Estudio organizacional.....	55
Figura 32. Modelo financiero.....	56
Figura 33. Alineación del Makerspace al PDI.....	61
Figura 34. Importancia del uso de recursos tecnológicos.....	64
Figura 35. Opinión sobre los recursos tecnológicos.....	64
Figura 36. Opinión sobre entornos de aprendizaje.....	64
Figura 37. Opinión sobre el uso de entornos virtuales.....	65
Figura 38. Interés en nuevas tecnologías.....	66
Figura 39. Organigrama del TecNM campus Milpa Alta.....	73
Figura 40: Vista satelital del pueblo de San Salvador Cuauhtenco, Alcaldía Milpa Alta.....	77
Figura 41. TecNM campus Milpa Alta.....	77
Figura 42. Modelo de caja negra de un Makerspace.....	78
Figura 43. Distribución de planta del Makerspace.....	81
Figura 44 y 45. Vista del Makerspace.....	82



### *Índice de tablas*

Tabla 1. Principales Makerspace en México.....	20
Tabla 2. Servicios de los Makerspace en México.....	21
Tabla 3. Makerspace en el ámbito educativo.....	22
Tabla 4. Problemática del Tecnológico Nacional de México.....	31
Tabla 5. Alternativas de solución.....	36
Tabla 6. Beneficios de un Makerspace.....	39
Tabla 7. Matrícula de educación superior en la Ciudad de México.....	61
Tabla 8. Opinión sobre nuevas tecnologías.....	63
Tabla 9. Cálculo de la muestra para la encuesta.....	63
Tabla 10. Costo de servicios.....	67
Tabla 11. Proyección de la demanda.....	67
Tabla 12. Consumo de recursos.....	71
Tabla 13. Descripción de puesto Operador de Makerspace.....	74
Tabla 14. Sueldo del personal requerido.....	75
Tabla 15. Inversión inicial.....	75
Tabla 16. Requisitos dimensionales mínimos.....	79
Tabla 17. Tipo de espacios.....	79
Tabla 18. Costo anual de los servicios.....	84
Tabla 19. Costos fijos y variables.....	84
Tabla 20. Marketing y ventas.....	84
Tabla 21. Egresos anuales.....	85
Tabla 22. Papelería.....	85
Tabla 23. Material de limpieza.....	86
Tabla 24. Inversión para el primer ciclo de trabajo.....	86
Tabla 25. Depreciación.....	87
Tabla 26. Externalidades positivas.....	89

## RESUMEN

Desde su creación, los *Makerspace* han tenido un crecimiento constante. En especial, en las universidades ha llamado la atención la forma en que este movimiento pone en práctica de manera intrínseca las teorías del aprendizaje constructivista. No obstante sus bondades, en México aún son pocas las universidades que cuentan con él.

En este trabajo de investigación, se elabora un plan para una Institución de Educación Superior (IES) en el que se propone la creación de un *Makerspace*, espacio de colaboración para los estudiantes, donde se comparten herramientas, conocimientos e ideas, con el uso de un modelo basado en aprendizaje colaborativo, mediante el cual se promueve la innovación y la creatividad en el ámbito universitario.

El plan se desarrolla con base en el paradigma de sistemas utilizando el enfoque de construcción por composición y descomposición funcional para el análisis del proceso productivo. Finalmente, se desarrollan las etapas de la Evaluación de Proyectos: estudio de mercado, estudio organizacional, estudio técnico, estudio financiero y estudio económico del proyecto.

Se concluye que, desde el punto de vista social, el proyecto *Makerspace* es viable, pues el beneficio que reporta a los estudiantes justifica la inversión inicial y el costo de mantenimiento.

Esta investigación aporta un análisis sistémico sobre el proceso de enseñanza aprendizaje dentro de un espacio que no sólo permite la libre expresión de ideas y el trabajo colaborativo, sino que también acerca herramientas tecnológicas para la construcción de prototipos, con lo cual se impulsa la cultura de *aprender haciendo*.

Palabras clave: *Makerspace*, *Maker*, aprendizaje colaborativo, creatividad, innovación.

## ABSTRACT

Since their creation, Makerspaces have grown steadily. Especially in universities, the way in which this movement intrinsically puts into practice the theories of constructivist learning has attracted attention. Despite its benefits, in Mexico there are still few universities that have it.

In this research work, a plan is developed for a Higher Education Institution (HEI) in which the creation of a Makerspace is proposed, a collaborative space for students, where tools, knowledge and ideas are shared, with the use of a model based on collaborative learning, through which innovation and creativity are promoted in the university environment.

The plan is developed based on the systems paradigm using the approach of construction by composition and functional decomposition for the analysis of the production process. Finally, the stages of Project Evaluation are developed: market study, organizational study, technical study, financial study and economic study of the project.

It is concluded that, from the social point of view, the Makerspace project is viable, since the benefit it brings to the students justifies the initial investment and the maintenance cost.

This research provides a systemic analysis of the teaching-learning process within a space that not only allows the free expression of ideas and collaborative work, but also provides technological tools for the construction of prototypes, thus promoting the culture of learning by doing.

Keywords: Makerspace, Maker, collaborative learning, creativity, innovation.

## INTRODUCCIÓN

El hombre es creativo por naturaleza. La evolución de las especies lo distinguió del resto de los animales. A diferencia de éstos, los primeros humanos fabricaban todo con los medios que tenían a su alcance y luego compartían sus técnicas con su tribu. De acuerdo con los expertos, el *homo habilis* ya podía fabricar utensilios desde hace 1.4 millones de años (Fernández, 2014). Si bien la destreza manual y la creatividad son inherentes a la humanidad desde su origen, en el caso de los primeros seres humanos, estas características sin duda fueron vitales para la supervivencia.

En los cincuenta del siglo pasado, surgió un movimiento conocido como *Do It Yourself* (DIY, “Hágalo usted mismo”, en español), cuyo propósito es incentivar a las personas para que realicen actividades como reparaciones en el hogar, fabricación de muebles e incluso la construcción de artefactos tanto decorativos como utilitarios. En 2005, este movimiento fue retomado por Dale Dougherty, de O’Reilly Media, quien lanzó la revista *Make*®, con lo cual inició lo que ahora se conoce como *Maker Movement* o “movimiento hacedor”. A partir de 2006, en Estados Unidos comenzaron a realizarse las *Maker Faires*®, exhibiciones de los proyectos realizados por los entusiastas de ese movimiento emergente.

En años recientes, el movimiento *Maker* ha recibido mucha atención, pues se ha convertido en una forma de expresión creativa y comunitaria, con un número creciente de seguidores. El movimiento tiene tres componentes principales: 1) *Making*, como un conjunto de actividades, 2) los *Makerspace*, como comunidades de práctica y 3) los *hacedores* como individuos (Halverson & Sheridan, 2014).

Los *Makerspace* son espacios que combinan herramientas, comunidad y aprendizaje que permiten a sus usuarios diseñar y construir sus propios proyectos utilizando los recursos disponibles para ello. A mediados de 2021, en el sitio *Makerspaces.make.co* existían 727 *Makerspace* registrados a nivel mundial.

En Estados Unidos, los *Makerspace* se encuentran en universidades, bibliotecas y museos. También se encuentran en colegios particulares, secundarias y preparatorias. En el caso de las universidades, existen centros de emprendimiento, clúster de innovación, Laboratorios de Fabricación (FABLAB), talleres y en algunos casos un *Makerspace*. Algunos cuentan con un gran número de usuarios y han generado un fuerte impacto dentro de su comunidad.

En México, existen diversos *Makerspace* que funcionan desde hace 10 años aproximadamente. La mayoría son particulares y están abiertos al público en general. Funcionan de manera similar a un club o un gimnasio, pues ofrecen sus servicios a cambio del pago de una membresía.

### **Objetivo principal de la tesis.**

Esta investigación tiene como fin elaborar un plan para crear un *Makerspace* que utilice un modelo de enseñanza aprendizaje basado en aprendizaje colaborativo.

Dicho *Makerspace* o espacio creativo será un área para compartir conocimientos, ideas y herramientas dirigido a estudiantes de nivel licenciatura del TecNM (Tecnológico Nacional de México), campus Milpa Alta, con la finalidad de impulsar las competencias de aprendizaje, técnicas y sociales, para estimular la creatividad, la práctica y la experimentación dentro de su formación profesional. Será orientado al desarrollo de la actividad científica, tecnológica y de innovación, con enfoque sustentable dentro del TecNM, campus Milpa Alta, para lo cual se creará un plan acorde a este propósito.

El presente trabajo se integra con cuatro capítulos que abordan los siguientes temas:

#### *Capítulo 1. Antecedentes*

Se describe el contexto internacional en el que surgieron los *Makerspace*, se realiza una revisión de los distintos tipos de espacios que existen, así como los de los diferentes nombres que reciben. Posteriormente, se enlistan los *Makerspace* en México y se identifican sus puntos en común.

Asimismo, se analiza la influencia del movimiento *Maker* en la educación, las competencias que desarrolla y como éste se ha erigido como una nueva alternativa de aprendizaje. En cuanto a la educación formal, se pone a discusión el alcance que tiene el movimiento *Maker* para ser insertado en la estructura curricular. Se plantea la pregunta sobre la posibilidad de sustituir, aportar o mejorar la forma tradicional de enseñanza.

Finalmente, se abordan los principios del constructivismo y el construccionismo como enfoques del aprendizaje colaborativo, los cuales son desarrollados durante el proceso del *Making*.

## *Capítulo 2. El problema de investigación*

En este capítulo, se aborda la problemática de la educación superior en México, los retos que enfrenta respecto a la educación en Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (STEM, por sus siglas en inglés) y la demanda de una educación superior tecnológica de calidad.

Además, se identifica el problema concreto por resolver, basado en el análisis de las competencias que pueden desarrollarse mediante un *Makerspace*, así como el impacto que tendría en la comunidad estudiantil. Mediante la técnica de la caja negra, se construye el objeto de estudio y se presenta la propuesta de solución.

Ulteriormente, se presentan otras alternativas de solución, se expone la justificación de la propuesta de solución, y se definen sus supuestos, objetivos y alcances.

## *Capítulo 3. Marco teórico*

En el marco teórico de la tesis, se aborda el paradigma del enfoque de sistemas, que puede considerarse como un “conjunto de elementos que están en interacción” (Bertalanffy, 1969), lo que significa que las características del sistema no pueden comprenderse de manera aislada. Con base en este enfoque y el modelo de caja negra, se construye el sistema —en este caso, el TecNM campus Milpa Alta—, mediante el proceso de construcción por composición y descomposición funcional, que son complementarios, según la teoría de los sistemas.

Después, se define la metodología de la Evaluación de Proyectos como una herramienta teórica que, mediante su aplicación, permite comparar los aspectos más relevantes de un proyecto, de modo que sus cualidades puedan medirse o estimarse. El proyecto surge como respuesta a una “idea” que busca la solución de un problema, necesidad o deseo o la manera de aprovechar una oportunidad de negocio (Sapag Chain *et al.*, 2014).

Partiendo de los elementos teóricos definidos previamente, se plantea la pertinencia de realizar los siguientes análisis: un estudio de mercado, técnico, organizacional y un estudio financiero para la evaluación del proyecto.

Finalmente, se revisa el modelo educativo del TecNM basado en la formación de competencias y la innovación.

## *Capítulo 4. Definición y evaluación del proyecto*

En este apartado, se identifica y clasifica el servicio que se ofrecerá; se analiza la demanda y oferta actuales; se investiga la demanda real por medio de una encuesta y se establece el precio del servicio: todo lo anterior, como parte de un estudio de mercado.

Por medio de un estudio organizacional, se analizan los aspectos ambientales y jurídicos relativos al proyecto y se define la organización operativa durante la gestión y ejecución del proyecto.

En el estudio técnico, se determina la localización, se establece la normatividad, el proceso de producción y tamaño del proyecto. Por medio del modelo de la caja negra, se construye el proceso de producción de un *Makerspace* y se diseña la disposición de planta con el software *Autocad*, además de una vista en 3D con el programa *Sketch Up*.

Para el estudio financiero, se parte de las consideraciones y supuestos para establecer los ingresos y egresos, el capital de trabajo, las inversiones requeridas, la depreciación, la tasa de descuento y el flujo del proyecto.

Finalmente, en el estudio económico se hace la evaluación social del proyecto, puesto que el monto de inversión se justificará en función del beneficio hacia los estudiantes.

# 1. ANTECEDENTES

## Introducción

De naturaleza creativa, desde sus orígenes el hombre se vio en la necesidad de utilizar artilugios que le facilitarían las actividades esenciales para sobrevivir, como cazar, pescar, recolectar frutos, confeccionar vestimenta, entre otras.

La destreza manual permitió al hombre fabricar lo que necesitaban, echando mano de lo que estaba a su alrededor y destrezas. La curiosidad lo llevó a grandes descubrimientos a lo largo de la historia. En suma, su creatividad e innovación posibilitaron el desarrollo de innumerables avances tecnológicos que en la actualidad son parte de la vida cotidiana.

Dichas habilidades y destrezas del ser humano evolucionaron hasta convertirse en artes y oficios, algunos de los cuales sobreviven hasta nuestros días. Tal es el caso, por ejemplo, de la agricultura, la alfarería y el arte textil, entre otros. Algunos otros, en cambio, fueron reemplazados por líneas de producción con máquinas, como ocurrió durante la revolución industrial.

Hacia los cincuenta, el movimiento DIY fue fundamental para que cualquier persona pudiera reparar desperfectos en casa, fabricar enseres o bien, diseñar objetos meramente decorativos. Medio siglo más tarde, Dale Dougherty retomó el movimiento y poco después aparecieron en la unión americana las ferias de hacedores —*Maker Faires*<sup>®</sup>—, que no eran otra cosa que espacios donde los *Maker* podían exhibir sus proyectos.

En breve tiempo (2006), surgieron los *TechShop* en California, y los *FabLabs* en el Massachusetts Institute of Technology (MIT), considerados ahora como los primeros *Makerspace*.

Básicamente los *Makerspace* son áreas utilizadas para compartir herramientas, conocimientos e ideas (Colindres, 2015).

Los *Makerspace* o espacios creativos han existido desde hace muchos años en distintas formas. Por ejemplo: talleres de arte, artesanías o costura, maquilas industriales, laboratorios científicos, etc. Pero ha sido recientemente que se han popularizado gracias a su implementación en el mundo de la ingeniería, la computación y el diseño gráfico (Colindres, 2015).

Los *Makerspace* permiten a las personas involucrarse en la realización de manualidades y otras actividades creativas que no están usualmente presentes en la educación formal, como costura, carpintería, conexión de circuitos, y realización de invenciones.

En años recientes, este movimiento fue retomado a partir del surgimiento de tecnologías de *hardware* abierto —como *Arduino*— o enfocadas al aprendizaje —como *Raspberry Pi*—, entre otras. Sin conocimientos técnicos profundos y sólo con la filosofía de *aprender haciendo*, dichas tecnologías permitieron realizar proyectos de electrónica, domótica, artefactos decorativos, accesorios para vestir, entre otros. El término *Maker* describe a cualquiera de nosotros, pues sin importar cómo vivamos o cuáles sean nuestros propósitos, todos somos hacedores: cocineros que preparan alimentos para la familia, jardineros que cuidan plantas y flores, tejedores que urden hilos (Dougherty, 2012).

Como ya se mencionó —y volvemos a decirlo—, los *Makerspace* son espacios que combinan metodologías, métodos, técnicas y procedimientos, comunidad académica y aprendizaje que permiten a los usuarios diseñar y construir sus propios proyectos utilizando los recursos disponibles.

La invención de la computadora y el desarrollo de los sistemas digitales permitieron crear aplicaciones para el manejo de la información, así como para la simulación de objetos virtuales que hoy, gracias a la tecnología de impresión 3D, pueden concretarse en el mundo físico.

El auge del movimiento *Maker* se debe en parte a la necesidad de las personas por involucrarse de manera apasionada con los objetos, en vías de hacer algo más con ellos en lugar de ser sólo consumidores. Cabe decir que otras influencias han jugado para bien, pues muchas están cercanas a alinear este movimiento con las nuevas tecnologías y las herramientas digitales (Dougherty, 2012).

Hay una relación estrecha entre el *Maker* y *Hacker*. Mientras el primero utiliza los elementos a su alcance para construir algo nuevo, el segundo busca romper los sistemas o dispositivos con el propósito de descubrir cómo funcionan. En ambos casos se trata de apropiarse de los objetos, abrirlos y tener la posibilidad de crear algo nuevo o diferente. Pero nuestro objeto de estudio es el *Maker*.

En muchas instituciones —escuelas, corporaciones o departamentos gubernamentales—, se piensa que las actividades del *Maker* conducen a la innovación y pueden administrarse en un entorno controlado. En una *Maker Faire*, es posible ver innovación “al natural”. Sin haber sido “domesticada” o controlada. Resulta muy ilustrativo y útil buscar dicha innovación, por lo que conviene dirigirte a la esquina de cualquiera de esas ferias y ver algo antes no visto (Dougherty, 2012).

Los *Makerspace* representan la oportunidad de explorar la forma de compartir el conocimiento en un entorno libre y abierto a la experimentación, con disponibilidad de herramientas físicas y digitales que permitan la aplicación de éste. La impresión 3D, cortadora CNC<sup>1</sup>, cortadora láser, kits de *Arduino*, minicomputadoras *Raspberry Pi*, pinzas, desarmador, estación para soldar, *protoboard*, entre otros muchos recursos, son algunas de las herramientas físicas que se pueden encontrar en un *Makerspace*. La mayoría son accesibles en su costo individual, pero no de manera conjunta.

Los primeros científicos —Galileo, da Vinci, y Newton— eran originalmente hacedores. Construían sus propias herramientas y usaban su talento multidisciplinario para descubrir el mundo por prueba y error (Axup *et al.*, 2014).

Los miembros del movimiento *Maker* se caracterizan por el interés en hacer cosas de manera creativa y colaborativa mientras resuelven un reto significativo. Este reto surge de la propia experiencia y despierta la curiosidad de conocer más al respecto. La curiosidad es una manifestación interna de las personas que, si se hace permanente, puede exteriorizarse al demostrar interés por medio del habla, la búsqueda de información u algún medio para satisfacer esa sensación.

Este proceso interno y externo se analiza desde la teoría constructivista y construccionista en el presente capítulo.

## 1.1 El contexto de los *Makerspace*

### 1.1.1 Contexto de los *Makerspace* en el nivel internacional

La industria del siglo XXI produce valor en una economía basada en el conocimiento y el manejo de información, utilizando medios digitales como el *coding* y los *big data*. La industria es mucho más que fábricas y materiales: es la creación de valor. La infraestructura digital es tan crítica como la infraestructura física (Ede, 2014).

---

<sup>1</sup> Control Numérico por Computadora es un sistema que permite controlar la posición de un elemento físico.

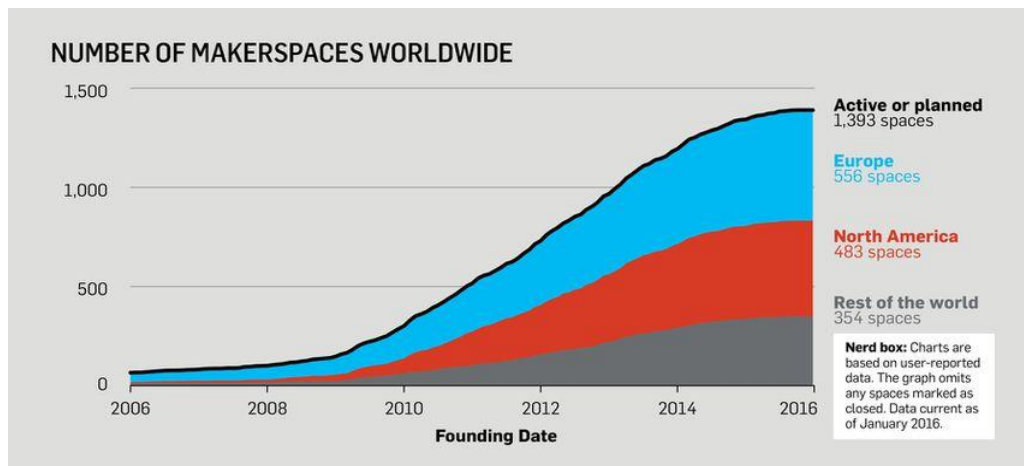
La serie New Media Consortium (NMC) Horizont Report traza el horizonte de cinco años para el impacto de las tecnologías emergentes en comunidades escolares de todo el mundo. Citando ejemplos de diferentes partes del mundo, los reportes expresan el entusiasmo generalizado detrás de los *Makerspace*, "cultivando ambientes donde los estudiantes toman el control de su propia educación haciendo y creando", lo cual ha ayudado al concepto a ganar tracción global (Johnson *et al.*, 2015).

Debido al avance de la tecnología, así como la disponibilidad de la información a través de internet, los *Makerspace* pueden conjugar el uso de medios digitales para el diseño de proyectos que pueden materializarse a través de una impresora 3D, creando, por tanto, un valor.

*Maker* está creciendo como una fuente de sustento por medio de la cual los individuos encuentran formas de construir pequeños negocios alrededor de su actividad creativa; el movimiento representa una opción con la cual grandes compañías automatizan cada vez más sus operaciones.

En 2019, había 906 *Makerspace* registrados en el directorio <https://Makerspaces.make.co/> y 1 079 *Hackerspace* marcados como activos en la lista del sitio <https://wiki.hackerspaces.org/>, lo que da una idea de la importancia del movimiento *Maker* en la actualidad. Sin embargo, existen otros reportes que mencionan un número diferente de espacios creativos o *Makerspace* como los que se mencionan en los párrafos siguientes (Wiki.hackerspaces.org/, n.d.).

Desde hace más de una década, los *Makerspace* han incrementado su popularidad alrededor del mundo. Usuarios reportan números cercanos a 1 400 espacios activos, 14 veces más que en 2006 (Lou & Peek, 2016).



**Figura 1. Número de *Makerspace* en el mundo.**  
Fuente: (Lou & Peek, 2016)

En 2015, el presidente Barack Obama anunció la iniciativa *Nation of Makers*. En 2016, había más de 400 *Makerspace* en Estados Unidos, incluyendo aquellos en escuelas, librerías y universidades (Lou & Peek, 2016)(Irie *et al.*, 2019).

En abril de 2017, había casi 700 espacios de creadores activos, planificados o construidos en Estados Unidos. (AcceleratingBiz, 2017).



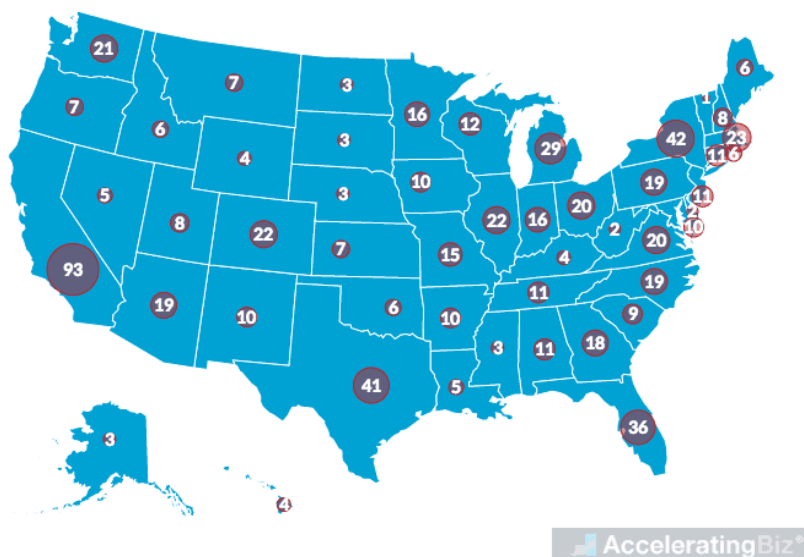


Figura 2. Número de *Makerspace* en Estados Unidos, por estado.  
Fuente: (AcceleratingBiz, 2017).

De acuerdo con estos reportes el número de espacios creativos o *Makerspace* se incrementó en 75% en menos de un año en Estados Unidos. Por una parte, tal incremento puede relacionarse con la necesidad de las personas de apropiación de los objetos, la posibilidad de utilizar recursos electrónicos a un bajo costo y sin necesidad de un profundo conocimiento técnico, así como el impulso del gobierno para promover las áreas Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) en las instituciones educativas.

En 2015, existían 97 *Makerspace* en el Reino Unido de acuerdo con un reporte publicado por la organización Nesta (nesta, 2015).

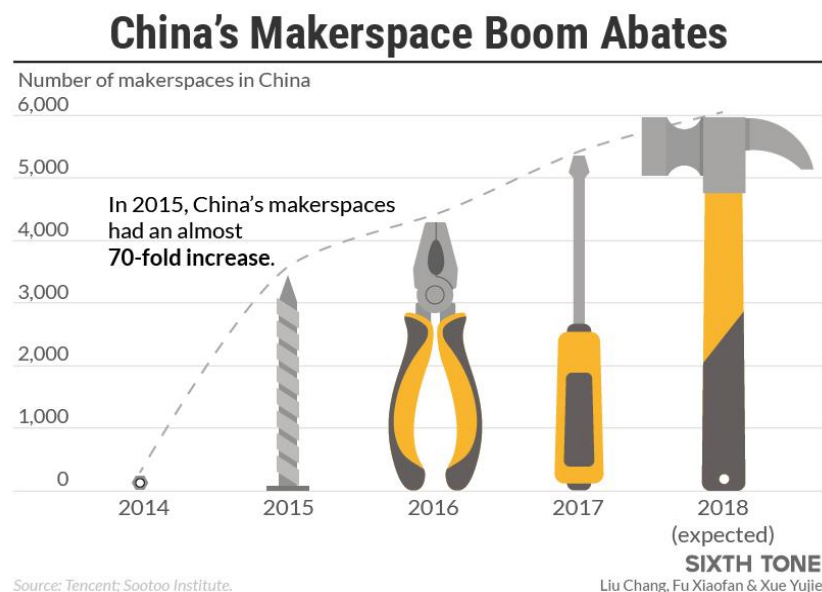


Figura 3. Mapa de *Makerspace* en bibliotecas del Reino Unido.  
Fuente: (Department for Digital Culture Media & Sport, 2019).

En noviembre de 2018, se anunció una financiación gubernamental de 78 millones de euros en el Reino Unido para asegurar que cada niño en cada escuela de Inglaterra tuviera acceso a una educación en informática líder en el mundo. La *Raspberry Pi Foundation* es parte de un consorcio que estableció un programa para apoyar a profesores de informática en primaria y secundaria (Colligan & Raspberri Pi, 2018).

*Raspberry Pi* es una minicomputadora de bajo costo que permite desarrollar proyectos de “computación física” en la que pueden involucrarse elementos tanto de *hardware* como de *software*.

La estrategia del gobierno *Made in China 2025*, publicada en 2015, estableció un plan para promover el crecimiento económico impulsado por la innovación y para cambiar el enfoque de China de fabricación de bajo costo a innovación, creatividad y diseño. "El gobierno quería persuadir a la gente para que dejara de copiar y construir sus propias cosas", dice Ye Yu, administrador del *Chaihuo Makerspace*. "*Makerspaces* fue una gran parte de su plan para que eso suceda". El gobierno también vio los espacios de creación como una forma potencial de abordar el creciente número de graduados desempleados. Como dijo el primer ministro Li Keqiang: "Las nuevas empresas y el espíritu empresarial son una forma de resolver el problema del empleo, y los espacios de creación podrían ser donde nacen esas nuevas empresas" (Xue, 2018).



**Figura 4. El auge del Makerspace en China disminuye.**  
Fuente: (Xue, 2018).

“2018 ha sido un año difícil para los *makers* y los *Makerspaces*”, declaró Carina Lin, administradora de *DFRobot*, compañía de robótica con sede en Shanghai, en referencia a lo que, al parecer, fue un agotamiento del entusiasmo inicial en China. Hoy día están replanteándose los objetivos del movimiento *maker* (Xue, 2018).

Alrededor del mundo, existe tal diversidad de *Makerspace* con diferentes configuraciones, que resulta difícil afirmar el número exacto de ellos. En cada país donde existen los espacios creativos, tienen modelos de negocio diferente, aunque en esencia su forma de operar es la misma. Citamos dos casos:

El primero es *Polifactory*, un *Makerspace* que combina áreas de trabajo compartido. Esta acondicionado con una mesa central de trabajo destinada para recibir a su comunidad de diseñadores y desarrolladores, cuenta con dos laboratorios (*Machine Shop* y *Workshop*), equipados con máquinas y herramientas para manufactura análoga y digital. También cuenta con un área reconfigurable para presentaciones, talleres y eventos, además de una cocina y una estancia que propician la socialización y el desarrollo de nuevos proyectos.

Otro caso tuvo su origen en 2009, cuando el *Georgia Institute of Technology* reclutó a los primeros estudiantes voluntarios para administrar *The Invention Studio*: espacio de diseño y construcción en

constante expansión abierto a todos los estudiantes. El espacio es libre y accesible las 24 horas al día, los siete días a la semana (24/7). Es un esfuerzo multidisciplinario, atendido y utilizado por estudiantes de las escuelas de ingeniería, ciencias y arquitectura. *The Invention Studio* demuestra el valor y la sostenibilidad de la educación práctica, para estimular la innovación, la creatividad y el espíritu empresarial en los estudiantes de ingeniería.

Los dos casos anteriores son sólo algunos ejemplos de *Makerspace* existentes en el entorno internacional, pero esbozan una idea de la diversidad existente y del crecimiento que han tenido. No obstante, resulta difícil pronosticar si este crecimiento ha llegado a la cúspide o aún habrá un cambio en el modelo de negocio.

### 1.1.2 Contexto de los *Makerspace* en México

A principios de 2011, se funda *Hackergarage*, probablemente el primer *Makerspace* en México. Se trata de un proyecto sin fines de lucro impulsado por voluntarios; se ubica en la ciudad de Guadalajara, Jalisco. Entre 2012 y 2015, se inauguran otros *Makerspace*, entre ellos, *330 Ohms* y el *Hacedores Makerspace*, ubicados al sur y en el centro histórico de la Ciudad de México, respectivamente, con lo que el movimiento *Maker* empieza a desarrollarse y llama rápidamente la atención de la industria y la sociedad.

La mayoría de los *Makerspace* en México ofrecen membresías para el uso de espacios y herramientas de trabajo; también ofrecen cursos, talleres y pláticas, con el fin de promover la colaboración entre su comunidad. Las herramientas que ofrecen son *CNC Router* e *Impresora 3D*; además, cuentan con espacios de *Co-Working*, uno de los aspectos esenciales del movimiento *Maker* que favorece la colaboración, intercambio de ideas y compartir el conocimiento.

Algunos *Makerspace* cuentan con tienda ya sea física u online, y en el caso de *330 ohms Makerspace* y de *Steren Makers* se trata de tiendas de electrónica ampliamente reconocidas que decidieron abrir su propio *Makerspace* en 2014 y 2019, respectivamente.

A continuación, se presenta una tabla con los *Makerspace* más importantes en México, basados en una investigación por medio de internet utilizando las palabras clave: *Makerspace*, *Hackerspace*, *Co-Working* y *Espacio Creativo*.

<b>Makerspace</b>	<b>Apertura</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Servicios</b>
 <a href="https://hackergarage.mx/">https://hackergarage.mx/</a> @hackergarage	19 de febrero del 2011	Calle Miguel Lerdo de Tejada 2186, Col. Lafayette, Guadalajara, Jalisco, México.	Membresías 24/7 Renta de espacios Proyecto sin fines de lucro
 HACKERSPACE MONTERREY <a href="http://hsmtty.org/">http://hsmtty.org/</a> @hackerspacemty	13 de abril de 2012	Rafael Platón Sánchez 739, Centro, Monterrey, 64000	Hackerspace Co-Working
 Hacedores <i>Makerspace</i> <a href="https://hacedores.com/">https://hacedores.com/</a> @hacedorescom	Fundado en 2013 Apertura el 16 de marzo de 2015	Guatemala 10 Int. 402, Col. Centro, Ciudad de México, CP 06020 Detrás de la Catedral	Membresías Cursos Talleres Eventos Tienda

 <p><a href="http://theinventorhouse.org/">http://theinventorhouse.org/</a> @TheInventorsHouse</p>	17 de mayo de 2013	Estaño 227, La Fundación Ags., Aguascalientes.	Membresías Hackerspace Co-Working
 <p>TIENDA DE ELECTRÓNICA / MAKERSPACE</p> <p><a href="https://www.330ohms.com/">https://www.330ohms.com/</a> @330ohms</p>	26 de septiembre de 2014	Cerrada Alberto Zamora 26 Col. Villa Coyocán, CP 04000 México, CDMX	Membresías Impresión 3D Corte Láser Router CNC
 <p><a href="https://www.iberopuebla.mx/site-edit/index.php/fablab">https://www.iberopuebla.mx/site-edit/index.php/fablab</a> @FabLabPuebla</p>	En 2014 el IDIT se incorpora a la red internacional de FabLabs auspiciada y por el MIT.	Blvd. del Niño Poblano 2901 Col. Reserva Territorial Atlixcáyotl, San Andrés Cholula, Pue., 72810	Sublimadora, inyectora de plásticos, impresoras 3D, cortadoras de vinil, scanner de alta resolución, router de pequeña escala para circuitos electrónicos.
 <p><a href="http://www.proyectil.mx/">http://www.proyectil.mx/</a> @ProyectilLab</p>	Fundado en 2015	Calle Mier y Pesado 349, int. 2 Col. Del Valle Alcaldía Benito Juárez	Consultora de tecnología Impresión 3D Corte con Router CNC Corte Láser Diseño Modelado 3D Electrónica Programación Robótica Visión Automatización Media
 <p><a href="https://elgaragehub.com/">https://elgaragehub.com/</a> @elgarageprojecthub</p>	Fundado en 2015	Av. Magisterio 550 Col. Maestros Federales, Mexicali, Baja California, México	Impresión 3D Corte láser CNC Router Talleres Espacio de Co- Working
 <p><a href="http://labarracudamx">@labarracudamx</a></p>	2015	Ensenada Grande 203 entre Blvd. Loma Dorada y Cristóbal Colón Guaymas, Sonora.	Open Hardware 1 día a la semana

 <a href="https://moonmakers.org/">https://moonmakers.org/</a> @MoonMakers	2016	Profra. Ana María Berlanga, Luis Donaldo Colosio, 43907, Apan, Hgo.	Divulgación Tecnológica
 <a href="https://www.facebook.com/MakerGarage-922352997848603/">https://www.facebook.com/MakerGarage-922352997848603/</a>	2016	Rinconada San Miguel 312, Col. Villas del Rincón Querétaro Qro. México	Cursos Talleres Pláticas Conferencias
 @creadoresmaker	Fundado el 5 de septiembre de 2017	Veracruz 8 Col. Mártires de Río Blanco, CP 62384, Cuernavaca, Mor.	Co-Working Carpintería Creación de ideas Impresión 3D Router CNC Corte Laser
 <a href="http://lanave.ms/">http://lanave.ms/</a> @LaNaveMs	1 de enero de 2018	Manuel José Othón 223 Col. Tránsito Alcaldía Cuauhtémoc	Corte Laser Impresión 3D Desarrollo de Hardware
 <a href="https://www.sterenmakers.mx/">https://www.sterenmakers.mx/</a>	2019	República del Salvador 20 A, B y C, Centro, 06000, CDMX	Co-Working Corte Laser Impresión 3D Router CNC

Tabla 1. Principales *Makerspace* en México.  
Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior, podemos observar que el *Co-Working* o trabajo colaborativo es uno de los ejes principales de los *Makerspace*, así como las membresías para acceder al espacio y las herramientas. A continuación, se enlistan los elementos que ofrece cada espacio:

<i>Makerspace</i>	Membresía	Hackerspace	Co-Working	Cursos/Talleres	Impresión 3D	Router CNC	Corte Láser	Tienda
Hacker Garage	✓		✓					
Hackerspace Monterrey		✓	✓	✓				
Hacedores <i>Makerspace</i>	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓
The Inventor's House	✓	✓	✓					
330 Ohms <i>Makerspace</i>	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓

FabLab Puebla	✓	✓	✓	✓	
Proyectil	✓		✓	✓	✓
El Garage Hub	✓	✓	✓	✓	✓
La Barracuda	✓	✓			
Moon Makers	✓				
Maker Garage	✓	✓			
Creadores <i>Makerspace</i>	✓	✓	✓	✓	✓
La Nave <i>Makerspace</i>	✓		✓		✓

Tabla 2. Servicios de los *Makerspace* en México.  
Fuente: Elaboración propia.

Los *Makerspace* en México permiten el acceso a tecnologías que antes eran exclusivas; tal es el caso de la impresión 3D y el corte láser, mediante los cuales es posible desarrollar prototipos de forma ágil.

Además, estas empresas ofrecen servicios de asesoría técnica, capacitación, diseño y desarrollo de prototipos, y soluciones con el uso de nuevas tecnologías.

En años recientes, se ha cuestionado la conveniencia de estos espacios, la factibilidad de que se abran más, si habrá cambios en la tendencia de los servicios que ofrecen, o incluso si van a desaparecer gradualmente, una vez que haya pasado la novedad.

Entre los servicios que han brindado los *Makerspace* y especialmente *Hacedores* se halla el de asesoría para la apertura de otros *Makerspace* en colegios particulares y museos, con lo cual ha incursionado en el ámbito educativo.

A continuación, se mencionan algunos espacios:

<p><i>Media Lab</i>, Colegio Israelita de México ORT, Loma del Recuerdo 44, Lomas de Vista Hermosa México, CDMX Apertura: 8 de junio de 2016</p> 	<p><i>Makerspace</i>, Instituto Cumbres Toluca, Miguel Hidalgo y Costilla Sur 1201, San Miguel Totocuitlapilco, Metepec, Estado de México, 52143</p> 
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



<p><i>Makerspace</i>, El Colegio Americano A.C. Bondoquito 215, Col. Las Américas CDMX, México CP 01120</p> 	<p><i>Makerspace</i>, Colegio San Patricio Monterrey, Privada del Lago 150, Col. Del Paseo Residencial, Monterrey, N.L. México. Apertura: 21 de febrero de 2019</p> 
<p><i>Makerspace</i>, Colegio San Ángel, Col. Predio Rústico Santa Rosa, Av. Universidad Veracruzana 2920, Fovissste, 96536 Coatzacoalcos, Ver. Apertura: 5 de febrero de 2020.</p> 	<p><i>Makerspace</i>, Museo del Rehilete, Blvd. Felipe Ángeles km 84.5, Venta Prieta, 42083 Pachuca de Soto, Hgo. Apertura: marzo 2018.</p> 
<p><i>Makerspace</i>, Museo Franz Mayer, Av. Hidalgo 45, Centro Histórico de la Cdad. de México, Guerrero, Cuauhtémoc, 06300 México, CDMX Apertura: 16 de marzo 2019.</p>	

Tabla 3. *Makerspace* en el ámbito educativo. Fuente: Facebook de Hacedores Makerspace.

En la red también existen espacios de difusión relacionados con el movimiento *Maker*, por ejemplo, la *Red de Educación Maker*, *Makers México*, entre otros. En ellos, se publica información sobre proyectos y noticias, principalmente a través de redes sociales.

El tema de los *Makerspace* y la educación se tratará en la siguiente sección; también el de la relación entre los *Makerspace* con el enfoque STEM, reconocido como parte primordial de la educación del siglo XXI.

## 1.2 Movimiento *Maker* y educación

### 1.2.1 Relación entre el movimiento *Maker* y el aprendizaje

El movimiento *Maker* es un movimiento que promueve la cultura del hacer y la fabricación, utilizando herramientas y materiales accesibles para la mayoría de la población.

Desde su inicio, el movimiento *Maker* y el aprendizaje (informal) han estado unidos ya que cada proyecto, por muy simple que sea, demanda una variedad de conocimientos y habilidades para ser realizado (Serrano, 2018). De forma inherente, cuando una idea se materializa a través de la fabricación de un prototipo, se ponen en práctica conceptos aprendidos en aula. Al mismo tiempo que se refuerzan estos conocimientos, se pueden desarrollar habilidades en otras áreas.

A pesar de que una persona esté formada (formalmente) en dichas áreas requeridas, en el proceso habrán cosas que deba descubrir, investigar o desarrollar antes de llegar a la meta propuesta, lo que finalmente deriva un aprendizaje más significativo y práctico que aquel generado en el aula de clases, lo que pone en consecuencia un gran signo de interrogación en el sistema educativo tradicional que privilegia la memoria sobre la experiencia (Serrano, 2018).

El aprendizaje se visualiza como un proyecto planteado primero en correspondencia con lo que se desea hacer y, después, se busca el conocimiento específico que llevará a su ejecución (Morales & Dutrénit, 2017). Algunos autores (Fleming, 2014; Mosquera, 2018; Taheri *et al.*, 2020) ubican el movimiento *Maker* dentro de la metodología del *Aprendizaje por Proyectos*, el cual, a su vez, es una variante del *Aprendizaje basado en Problemas* (ABP).

Esta metodología de aprendizaje ha sido utilizada durante mucho tiempo en los laboratorios escolares, donde se propone la solución de problemas dentro de un ambiente controlado, y con resultados esperados. El aprendizaje de laboratorio en los planes de estudio dirigidos a los estudiantes de ingeniería les muestra cómo diseñar y construir dispositivos físicos (Wilczynski *et al.*, 2016).

En un laboratorio, se plantean problemas prediseñados para ser “resueltos” por los estudiantes, generalmente siguiendo un esquema de pasos que conduce a la solución.

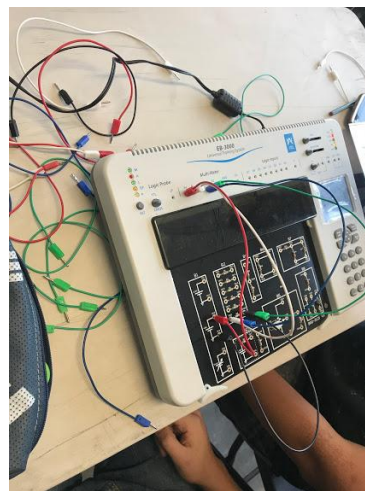
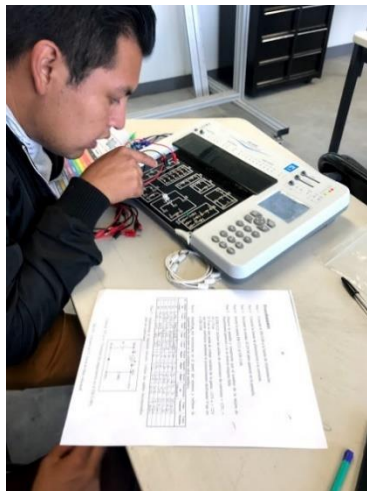


Figura 5 y 6. Práctica en el laboratorio de electrónica.  
Fuente: Elaboración propia.



El individuo hacedor o *Maker* genuinamente se interesa en realizar un proyecto y en resolver un problema; además, se siente motivado para hacerlo por sí mismo, ya sea por diversión o entretenimiento. Investiga los materiales que necesita, y la forma en que puede utilizarlos, ve tutoriales, pregunta en redes sociales, utiliza sus conocimientos previos y adquiere los necesarios para realizar el proyecto.

Poner “manos a la obra” era sinónimo de acceso a aprender directamente cómo hacer las cosas usted mismo (Dougherty, 2008). El movimiento *Maker* socializa este aprendizaje, convirtiéndolo de cómo hacerlo por usted mismo, a cómo hacerlo entre todos. El hacedor toma la experiencia de otra persona, el trabajo realizado, lo modifica, adapta y mejora, para nuevamente volver a compartirlo.

El aprendizaje basado en proyectos es un elemento importante en una educación de ingenieros, porque brinda a los estudiantes oportunidades para encontrar lo inesperado y ejercitar su creatividad (Harnett *et al.*, 2015). En estos proyectos, se ejercita la solución de problemas, aplicando los conocimientos de lo general a lo particular, y de lo simple a lo complejo. Los *Makerspace* expanden las oportunidades de aprendizaje por medio de la experiencia y permiten a los estudiantes ganar habilidades fuera del aula tradicional (Taheri *et al.*, 2020).

El propósito original de los *Makerspace* es construir objetos, utilizando las tecnologías disponibles. Al disponer de equipos como impresoras 3D, corte láser, CNC, entre otros, los participantes comienzan a ganar experiencia, y a compartirla. Por tratarse de un espacio físico, la interacción de los *makers* o hacedores permitió socializar el proceso.

### 1.2.2 *El movimiento Maker y la educación formal*

Desde hace varios años, el movimiento *Maker* convive con la educación formal, mediante proyectos estudiantiles, uso de nuevas tecnologías para desarrollar proyectos, construcción de prototipos, entre otros.

El movimiento *Maker* se asocia en el área educativa con Science, Technology, Engineering, and Math (STEM) o con STEAM (que agrega el área de Arts al STEM). Se busca que la educación básica, desde nivel preescolar hasta la secundaria (K-12), tenga un enfoque STEM a nivel internacional.

A lo largo de muchos años, dentro de sus estrategias didácticas, la educación formal ha recurrido al uso del aprendizaje mediante la construcción de objetos. En la etapa preescolar se da preferencia tanto a las actividades físicas, como una forma de interacción entre pares, como al desarrollo de habilidades manuales, como un estímulo para fijar la atención.

Hay que señalar, por otro lado, que el movimiento *Maker* no es nuevo (Fleming, 2014). A lo largo de varios años, la educación básica ha recurrido a la construcción de maquetas para favorecer la memorización y conceptualización de diversos temas en las áreas de matemáticas (figuras geométricas), ciencias naturales (ecosistemas) y ciencias sociales (continentes, países), entre otras.

Métodos como el proyecto y el aprendizaje basado en desafíos requieren estructuras escolares que permiten a los estudiantes pasar de una actividad de aprendizaje a otra de manera más orgánica, eliminando las limitaciones del horario de campana tradicional (Johnson *et al.*, 2015). Dicha manera puede entenderse como holística, en el sentido de que considera otros factores —además de los tradicionalmente incluidos en los planes de estudio— para construir la experiencia de aprendizaje.

En los últimos años, ha habido un énfasis creciente en el desarrollo de programas y planes de estudios de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM) más sólidos; ello se debe a que estas disciplinas son ampliamente consideradas como un medio para impulsar la innovación y reforzar economías nacionales (Johnson *et al.*, 2015). Uno de los factores primordiales que se considera por parte de los países desarrollados para el fortalecimiento de su economía es la ciencia y la tecnología.

Promover el amplio campo de la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas (STEM) se ha convertido en una prioridad en muchos países (OCDE, 2019b). Sin embargo, en países como México no se ha presentado una estrategia con este enfoque. El nuevo modelo educativo otorga a las escuelas un margen inédito de autonomía curricular, con la cual podrán adaptar los contenidos educativos a las necesidades y contextos específicos de sus estudiantes y su medio (SEP, 2017).

A partir de este nuevo modelo, cada escuela de educación secundaria tiene la opción de elegir entre talleres y clubes donde los estudiantes no son evaluados. Con este nuevo enfoque se busca la formación de competencias necesarias para afrontar las tendencias mundiales dentro del contexto de la cuarta revolución industrial.

La novedad del movimiento *Maker* radica en el uso de nuevas tecnologías, *software* libre y *kits* educativos de bajo costo que posibilitan el desarrollo de proyectos atractivos, sin necesidad de un amplio conocimiento de áreas como electrónica, cómputo, diseño gráfico, entre otras; todo esto a un costo accesible.

La educación transformada por la filosofía *maker* promete ser una revolución de grandes proporciones, como no se ha visto en décadas, y como nunca se hubiera pensado hace un siglo; pero también impone un gran número de retos en el ámbito teórico-metodológico, y ésa es la razón por la que este encuentro es tan importante (Serrano, 2018).

El último lanzamiento de los Next Generation Science Standards<sup>2</sup> (NGSS) para la educación STEM K–12 ha puesto de relieve la necesidad de implementar la educación en ingeniería y diseño en los niveles K–2 (Chan & Blikstein, 2018).

Los *Makerspace* tienen un enfoque constructivista y constructorista de la educación, tal como lo presentó Jean Piaget y lo desarrolló Seymour Papert.

## 1.3 Constructivismo y constructorismo

### 1.3.1 Constructivismo

La corriente de pensamiento llamada *constructivismo* sostiene que el conocimiento es una construcción del ser humano realizada con base en sus conocimientos previos. Las construcciones son realidades creadas que surgen a través de la interacción del constructor con la información (Guba & Lincoln, 1989).

En su libro *La estructura de las revoluciones científicas*, Thomas S. Kuhn llama *ciencia normal* a esta construcción, cuando con la información previa se realiza de forma gradual y consistente (Kuhn, 1966).

A su vez las construcciones se van afinando o autorrenovando con el transcurso del tiempo y con el descubrimiento de evidencias o la presencia de nueva información, contenida en una formulación integrada, sistemática y de "sentido" cuyo carácter depende del nivel de información y la capacidad para apreciar, comprender y aplicar la información de los constructores.

El constructivismo halla sus raíces en la filosofía, psicología, sociología y educación. El término proviene del verbo *construir*, del latín *struere*, que significa "arreglar" o "dar estructura". El principio básico de esta teoría proviene justamente de su significado. La idea central es que el aprendizaje

---

<sup>2</sup> Estándares de Ciencias de la Próxima Generación por sus siglas en inglés.

humano se construye, que la mente de las personas elabora nuevos conocimientos a partir de la base de enseñanzas anteriores (Hernández, 2008).

Considerando el conocimiento como un constructo, en el cual influye la experiencia y el entorno del sujeto, entonces el aprendizaje es el proceso de construcción de éste.

Según la teoría constructivista de Piaget, en el proceso de enseñanza y aprendizaje existen dos principios: el aprendizaje como un proceso activo, y el aprendizaje completo, auténtico y real (J. Piaget, 1978 en Hernández, 2008). De acuerdo con estos dos principios, el ser humano aprende de lo que es partícipe y que le es significativo.

Por su parte, Liev Semionovich Vigotski sostiene que existe una tendencia natural a integrar las vivencias sociales como insumos básicos para producir formas de adaptación al entorno de manera activa. En ese sentido, se entiende el hecho de que cada región, cultura o sociedad produzcan indicadores o insumos que singularicen la dinámica de funcionamiento de las formas de concebir los procesos individuales y colectivos, operacionalizados alrededor de las acciones humanas (Urdaneta & Guanipa, 2015).

Los nuevos conocimientos se forman a partir de los propios esquemas de la persona, como un producto de su realidad y de su comparación con los esquemas de quienes la rodean (Agudelo & Estrada, 2013). Cuando la construcción existente se extiende para incluir el nuevo conocimiento, decimos que nuestro conocimiento crece, es decir, estamos dispuestos a agregar el nuevo conocimiento al antiguo en un modo significativo. Otro ladrillo es colocado en el creciente edificio de nuestro conocimiento (Guba & Lincoln, 1989).

Siempre que nos referimos a nuestro conocimiento, aludimos a una noción personal, compleja, cambiante y tan amplia como sea nuestra propia experiencia.

El aprendizaje es esencialmente activo. Quien aprende algo lo incorpora a sus experiencias previas y a sus propias estructuras mentales. Cada nueva información es asimilada y depositada en una red de conocimientos y experiencias que de manera previa existen en el sujeto; de ahí que el aprendizaje no sea ni pasivo ni objetivo, sino un proceso subjetivo: cada persona lo modifica de manera continua constantemente a la luz de sus experiencias (Agudelo & Estrada, 2013).

### 1.3.2 *Construccionismo*

Como ya se mencionó en el apartado anterior, el construccionismo retoma los aportes del constructivismo de Jean Piaget, de Lev Vigotsky y de las teorías de la psicología social genética; pero, además, introduce nuevas ideas, pues reconoce que la función primaria del lenguaje es la construcción de mundos humanos contextualizados y no una mera transmisión de mensajes de un lugar a otro (Agudelo & Estrada, 2013).

El lenguaje es el vehículo con el que el constructor externa su percepción del mundo dentro de un contexto social y cultural. La construcción ya no es sólo interna, es decir, ya no es sólo de pensamiento, sino que se torna externa, gracias al lenguaje, de manera que adquiere un significado acorde al contexto en el que se transmite.

El término *construccionismo* se debe a Seymour Papert, quien lo introdujo en 1987, partiendo de las teorías constructivistas de la psicología, donde el aprendizaje se concibe como una reconstrucción. Esta idea no se entiende ya como la sola manipulación de materiales, sino que se extiende a que el aprendizaje es más efectivo, puesto que parte de una actividad en la experiencia de aprender es la construcción de un artefacto significativo (Papert, 1987: 2) (Hoban *et al.*, 2010: 434). Asimismo, Papert sostiene que los estudiantes participan en un aprendizaje profundo cuando investigan, diseñan y construyen un artefacto o modelo como una representación de su conocimiento (Hoban *et al.*, 2010).

La socialización de un proyecto que empieza con la transmisión de las ideas por medio del lenguaje permite un trabajo colaborativo y la construcción de un ambiente particular entre los estudiantes. En este contexto, para el mejor desarrollo de un proyecto, el docente participa como facilitador, asesor y consultor en el uso de la técnica.

La construcción de un modelo facilita el proceso de mejora en el desarrollo de un proyecto.

El aprendizaje es especialmente acertado cuando el alumno se compromete conscientemente en la construcción de una entidad pública sin importar su magnitud, pues puede tratarse de un castillo de arena o de una teoría del universo (Papert & Harel, 1991).

La satisfacción de ser partícipe de un proyecto, la alegría que trae consigo el resultado y la retroalimentación positiva sobre lo realizado, son elementos situacionales que hacen significativa una experiencia.

## **Conclusiones**

Desde tiempos remotos, el ser humano ha puesto a prueba una y otra vez todos los avances para comprobar su funcionamiento y para implementar las mejoras pertinentes. Con este proceso de prueba y error, las técnicas inventadas por el hombre se han ido perfeccionando.

En la industria actual, la búsqueda de creación de valor y el surgimiento de nuevas tecnologías están abriendo un área de oportunidad al movimiento *Maker* para brindar respuesta a las nuevas tendencias de desarrollo tecnológico y económico. Hay una necesidad de creación, de búsqueda de algo nuevo o simplemente diferente, personalizado. El hacedor cubre parte de esta necesidad cuando incorpora alguna modificación o cuando adapta un artefacto y comparte su experiencia para que otros puedan replicarla.

El movimiento *Maker* es una respuesta a la necesidad de socialización del aprendizaje. Retoma la base de aprender haciendo, inherente al ser humano, y la aplica con el uso de nuevas tecnologías. En un mismo día, una persona puede fabricar un prototipo o artefacto utilizando una impresora 3D, compartir su diseño en una plataforma o repositorio, publicar un video sobre el proceso y recibir retroalimentación de una comunidad a través de una red social. Esta tendencia llama la atención de la educación formal e identifica los componentes constructivista y constructorista del movimiento *Maker*. El uso de nuevas tecnologías y la construcción de artefactos electrónicos sin necesidad de conocimientos profundos son atractivos para el estudiante.

La construcción del conocimiento está en función de la experiencia y el ambiente en el que se desarrolle cada persona. Por consiguiente, un ambiente propicio puede promover la creatividad y el espíritu innovador del individuo. El movimiento *Maker* trae a la academia la necesidad de replantear la forma en que se crea este ambiente propicio y de responder a interrogantes como qué tanto puede ser controlado y cuáles variables son susceptibles a este control.

## 2. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Un problema bien planteado  
constituye la mitad de la solución.

*Russel Ackoff*

### Introducción

En este capítulo, se realiza un primer acercamiento a la problemática de la educación superior tecnológica en México. Comenzamos con el nivel internacional y la visión de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) hacia 2030. Después, se analiza la problemática del TecNM campus Milpa Alta; con una adaptación de la técnica de “soluciones” a problemas, se identifica la problemática que puede ser resuelta con un *Makerspace*. En seguida, se construye el objeto de estudio, acotando el tema de investigación de acuerdo con la ubicación sectorial, temporal y espacial del proyecto, para determinar el problema por resolver y situarlo dentro de un contexto mediante la técnica de la caja negra. También se presentan otras opciones de solución al problema identificado. Por último, se establece la propuesta de solución con los supuestos, objetivos y alcances de esta investigación.

### 2.1 Formulación de la problemática

#### 2.1.1 Problemática de la Educación Superior en México

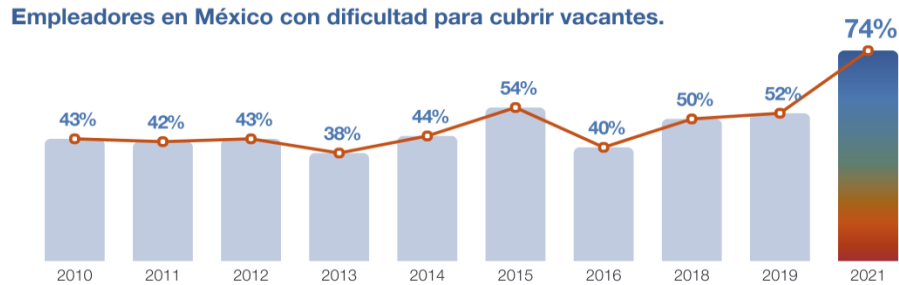
Los problemas son abstracciones extraídas de las experiencias por medio del análisis (Ackoff, 1994). De este modo, un problema es un efecto no deseado, algo que debe corregirse o eliminarse. Es una desviación o un desequilibrio entre lo que debe ser y lo que en realidad está ocurriendo. En este sentido, su conceptualización depende de nuestra experiencia de vida, y de los factores que consideramos para su análisis.

Al hablar de problemática, se alude a la diferencia entre lo esperado y la situación actual. Los problemas son una consecuencia de la desviación ocurrida por causa de una discrepancia, impedimento o conflicto ocurrido en el pasado. Así, la problemática (*messes*) es un sistema complejo de problemas con fuerte interacción (Ackoff, 1994). Es la manifestación cotidiana de los problemas en la que posiblemente algunos efectos tengan causas en común, y que, por lo tanto, exista un problema raíz.

Por ende, la problemática de la educación superior en México puede ser analizada desde diferentes puntos de vista: el social, el económico, el político y el geográfico, entre otros más. Si bien la situación actual es producto de todos ellos, se puede desarrollar un análisis independiente para cada aspecto.

En México, la educación superior se debe ordenar conforme a las necesidades cambiantes de la economía. Casi la mitad de los empleadores alerta de una falta de competencias en su sector y considera que la educación y la formación de los solicitantes de empleo no es adecuada para sus necesidades (OCDE, 2019a).

Respecto a la educación, nuestra legislación contempla tres puntos: 1) el Artículo 3º constitucional establece que todo individuo tiene derecho a recibir educación, 2) el Artículo 8 de la Ley General de Educación dice que los servicios educativos deberán ser prestados con equidad y excelencia, y 3) el Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024 prioriza el derecho de los jóvenes a la Educación Superior.



**Figura 7. Porcentaje de empleadores en México con dificultad para cubrir vacantes.**  
Fuente: (ManpowerGroup, 2021).

La economía está ligada al desempeño de los empleados, ya que la necesidad de especialización es cada vez mayor, debido al rápido avance de la tecnología.

En la actualidad, la educación superior está creciendo y, de mantenerse los patrones actuales, 26% de los jóvenes obtendrá algún título de educación superior a lo largo de su vida. Medio millón de egresados ingresa cada año en el mercado laboral y México confía en ellos para progresar en las cadenas de valor mundiales (OCDE, 2019a).

De acuerdo con datos de la OCDE, la identificación y el desarrollo de los conocimientos y las competencias necesarias pueden mejorar la vida de las personas y obtener mejores empleos, generar prosperidad y promover la inclusión social (Fitzpatrick *et al.*, 2018).

El Learning Compass 2030 de la OCDE identifica tres “competencias transformadoras” que los estudiantes necesitan para contribuir y prosperar en nuestro mundo y dar forma a un futuro mejor (OCDE, 2019). Veamos cuáles son.

1. *Crear nuevo valor.* Significa innovar para dar forma a mejores vidas: crear nuevos empleos, negocios y servicios, desarrollar nuevos conocimientos, conocimientos, ideas, técnicas, estrategias y soluciones, y aplicarlos a problemas tanto antiguos como nuevos. Cuando los alumnos crean un nuevo valor, cuestionan el *statu quo*, colaboran con otros y tratan de pensar “fuera de la caja” (OCDE, 2019).

La innovación como motor de desarrollo es considerado como uno de los pilares fundamentales para la creación de valor. Las nuevas industrias no son sólo físicas, sino también digitales. El valor se puede agregar a un producto o servicio, ya sea de manera física o virtual.

2. *Conciliar tensiones y dilemas.* Significa tener en cuenta las numerosas interconexiones e interrelaciones entre ideas, lógicas y posiciones aparentemente contradictorias o incompatibles, y considerar los resultados de las acciones desde perspectivas tanto a corto como a largo plazo. A través de este proceso, los estudiantes adquieren una comprensión más profunda de las posiciones opuestas, desarrollan argumentos para respaldar su propia posición y encuentran soluciones prácticas a dilemas y conflictos (OCDE, 2019).
3. *Asumir la responsabilidad.* Se relaciona con la capacidad de reflexionar y evaluar las propias acciones a la luz de la experiencia y la educación de uno, y teniendo en cuenta los objetivos personales, éticos y sociales (OCDE, 2019).

La educación superior tecnológica en específico tiene el reto de que los nuevos profesionistas cuenten con las competencias necesarias para ofrecer una respuesta a la situación actual. Las recientes reformas educativas también han tenido como objetivo impulsar la educación técnica al

alentar a los jóvenes a seguir carreras e investigar en los campos de la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas (STEM) (Fitzpatrick *et al.*, 2018).

Mientras la globalización y el rápido avance en la tecnología continúan la transformación del espacio cívico y el mundo del trabajo, los sistemas educativos se han desarrollado incrementalmente desconectados de las realidades y de las necesidades de la economía global y las sociedades (Foro Económico Mundial, 2020).

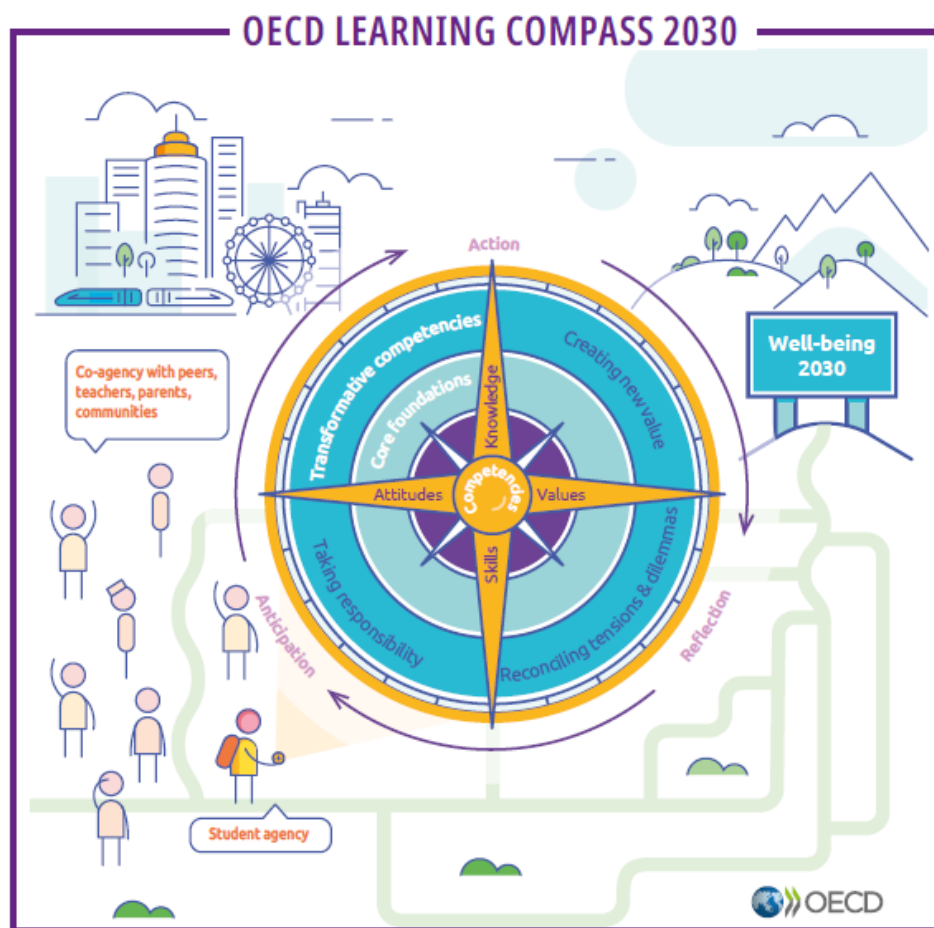


Figura 8. Competencias transformadoras rumbo al 2030.  
Fuente: (OCDE, 2019).

La creación de valor a través de la innovación permitirá resolver problemas tanto actuales como venideros. La creatividad y la innovación serán fundamentales para el desarrollo de nuevos trabajos, negocios y servicios (OCDE, 2019b).

En este contexto, la educación superior tecnológica en México enfrenta el reto de formar profesionistas capacitados para la necesidad de la industria y esto se podrá lograr a través de nuevas estrategias que se adapten a las condiciones actuales.

### 2.1.2 Problemática de la Educación Superior en el TecNM

El problema de investigación se basa en la formulación de la problemática, con la cual se seleccionarán los proyectos que pueden tener un impacto positivo al desarrollar la solución planteada.



El Programa de Desarrollo Institucional 2019-2024 del TecNM responde a los planteamientos y retos del Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024. Los problemas y retos que el Tecnológico Nacional de México debe afrontar en los próximos años giran en torno a tres ejes estratégicos: 1) Calidad educativa, cobertura y formación integral, 2) Fortalecimiento de la investigación, el desarrollo tecnológico, la vinculación y el emprendimiento y 3) Efectividad organizacional, así como a su Eje transversal Evolución con inclusión, igualdad y desarrollo sostenible (TecNM, 2020).

En la siguiente tabla, se resumen los principales problemas y retos que enfrenta el TecNM, de acuerdo con el Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024 para la formación de futuros ingenieros.

<b>Problemática</b>	<b>Retos</b>
En 2018, sólo 769 académicos del TecNM eran miembros del SNI. 35% (275) son candidatos, 55% (426) se encuentran en el nivel 1, 8% (56) en el nivel 2 y 2% (12) en el nivel 3. El número de académicos de tiempo completo para ese año fue de 13 648	Elevar la cantidad de académicos miembros del SNI, y la proporción de miembros del SNI en los niveles superiores de su clasificación. Generar alianzas intrainstitucionales y con otras instituciones de educación superior y organizaciones nacionales e internacionales.
Insuficiente número de proyectos de investigación y desarrollo tecnológico	Diferenciar y poner en aplicación diferentes convocatorias de investigación y desarrollo tecnológico que promuevan incluso una mayor participación de los estudiantes.
Infraestructura y equipamiento limitados y, en algunos casos obsoletos, que no propician la realización de proyectos de investigación científica, desarrollo tecnológico e innovación.	Gestionar y obtener mayores recursos económicos para la modernización de la infraestructura y el equipamiento. Poner en operación el FICDT (Fondo de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico) del TecNM.
Insuficiencia presupuestal	Gestionar y obtener mayores recursos presupuestales para el TecNM. Optimar su ejercicio con honradez, transparencia, eficiencia, eficacia, rendición de cuentas y en apego al programa de austeridad republicana
Escasa generación de paquetes tecnológicos integrales que contengan el conocimiento, en su caso, el prototipo, el registro de propiedad intelectual y el modelo de negocio. Escasa generación de empresas de base tecnológica.	Conformar grupos de tecnólogos altamente especializados para la generación de la oferta de paquetes tecnológicos integrales y de empresas de base tecnológica.

**Tabla 4. Problemática del Tecnológico Nacional de México.**  
**Fuente: Elaboración propia en base al Plan de Desarrollo Institucional 2019-2024.**

De la tabla anterior, se extraen los siguientes problemas que se presentan dentro de las Instituciones de Educación Superior (IES) en específico en los planteles del TecNM de la CDMX:

1. Seguir eficientando los recursos materiales, humanos y financieros con transparencia en atención al decreto de austeridad del Gobierno Federal.
2. Falta de plazas de todas las categorías para atender oportunamente los programas educativos que se ofrecen.
3. No se han conseguido los proyectos que permitan el desarrollo del personal docente como investigadores.
4. Limitada infraestructura y equipamiento para la realización de proyectos de investigación científica, desarrollo tecnológico e innovación.

Y los siguientes retos:



1. Implementar el Nuevo Modelo Educativo del TecNM.
2. Gestionar y obtener mayores recursos.
3. Generar alianzas y promover el emprendimiento con base tecnológica.

Existen otros problemas y retos relacionados con el ámbito político y geográfico que no son considerados en este trabajo para delimitar el problema por resolver.

Los problemas formulados se clasifican en cuatro áreas problemáticas:

1. Hay un bajo número de docentes miembros del SNI.
2. El número de académicos de tiempo completo es insuficiente.
3. El número de proyectos de investigación y desarrollo tecnológico es mínimo.
4. La infraestructura y el equipamiento son limitados y, en algunos casos obsoletos.

Se realizó la agrupación en dos grupos:

1. Baja productividad académica de proyectos y reconocimientos SNI.
2. Insuficiente cantidad de recursos físicos y humanos.

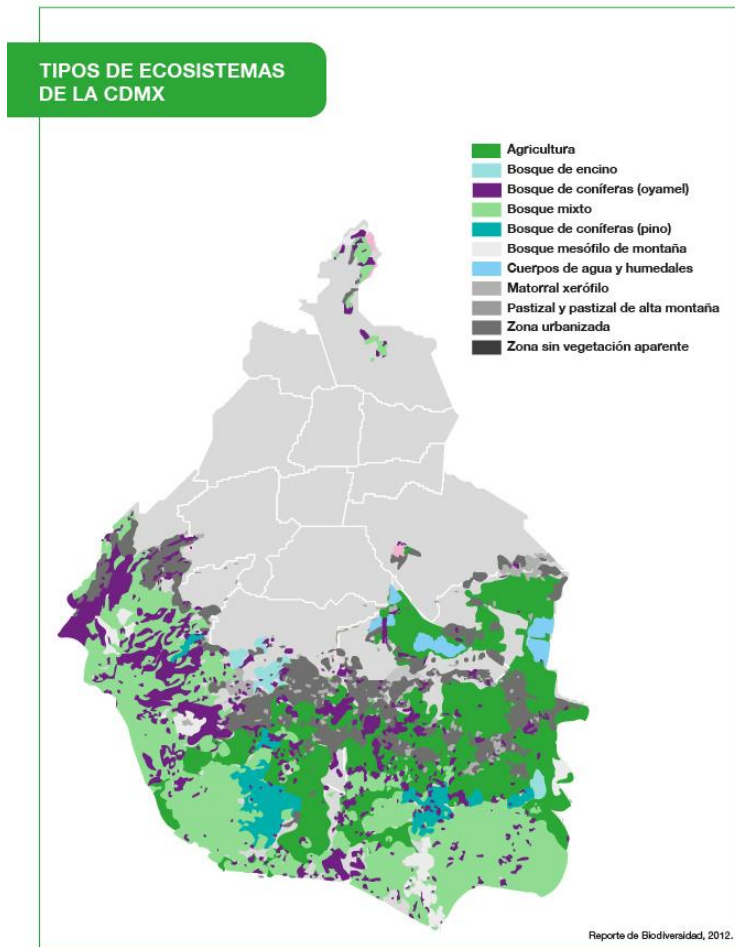
Finalmente, se formula la problemática por resolver: poco desarrollo de proyectos de investigación, propiedad intelectual o modelo de negocio. En esta problemática, intervienen diferentes factores, por lo que a continuación se delimita el problema y se identifica el problema que se pretende resolver.

## **2.2 Delimitación del problema**

### *2.2.1 Delimitación de la problemática*

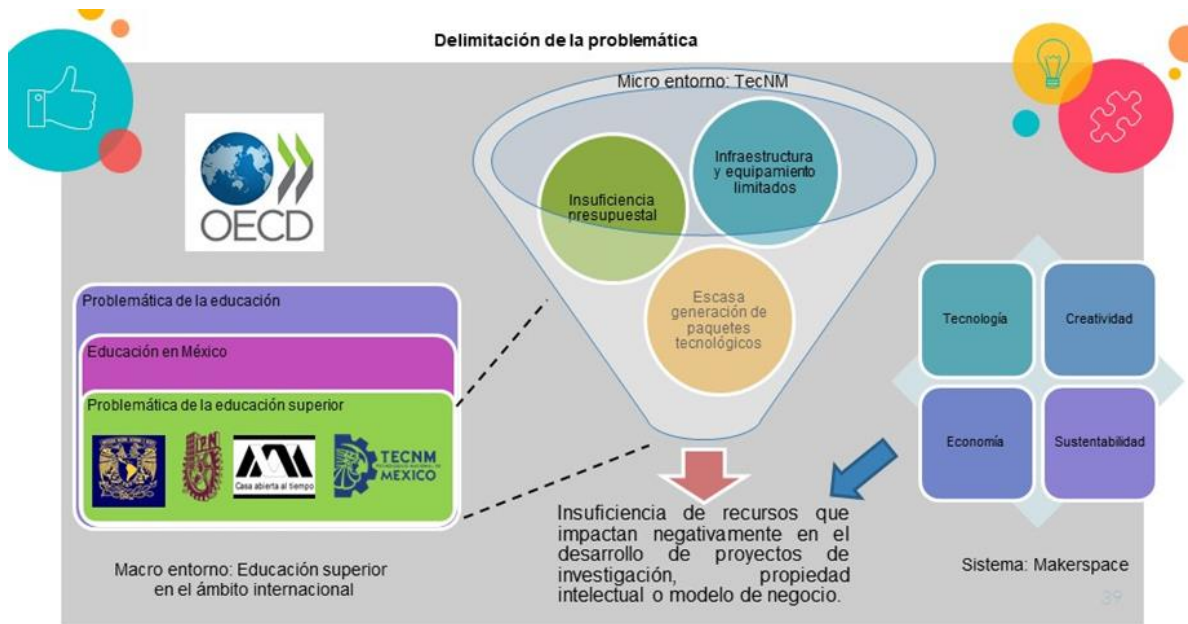
De acuerdo con la información encontrada, la problemática de la educación superior tecnológica en México abarca una amplia variedad de factores sociales, económicos, políticos y geográficos. El presente trabajo aborda la problemática social y económica delimitada a un área geográfica específica del sur de la CDMX.

Si bien se comparten condiciones similares en todos los campus de la CDMX, la zona sur tiene características específicas en cuanto a la parte agrícola y de importancia de los recursos naturales, como es el caso de los bosques, fuente de oxígeno y zona de recarga del manto acuífero, según muestra la siguiente figura.



**Figura 9. Tipos de ecosistemas de la Ciudad de México.**  
Fuente: (Sedema, 2012).

En la siguiente figura, se delimita la problemática de la educación superior partiendo del entorno macro donde la educación superior debe responder a necesidades planteadas por organismos internacionales como la OCDE y se enfoca en la educación superior tecnológica en México y para el caso específico del TecNM, donde la insuficiencia de recursos impacta negativamente en el desarrollo de proyectos de investigación, propiedad intelectual o modelo de negocio. En este punto es donde se plantea crear un *Makerspace* para que, por medio de la tecnología, se promueva la creatividad en la búsqueda de soluciones para la solución de problemas con enfoque sustentable.



**Figura 10. Delimitación de la problemática.**  
Fuente: Elaboración propia.

### 2.2.2 El problema por resolver

Para definir el problema específico que se desea resolver, se utiliza una adaptación de la técnica de soluciones a problemas, la cual permite identificar áreas problemáticas a partir de sugerencias de cambio (Sánchez-Guerrero, 2016).

Para este caso, se sugiere la creación de un espacio creativo o *Makerspace* dentro del ámbito educativo del TecNM. A partir de esta propuesta, se hace un análisis de los cambios que puede generar la creación de este espacio dentro del TecNM campus Milpa Alta.

Esta solución está asociada a la promoción de la creatividad y la innovación dentro del plantel y puede impactar en la generación de proyectos tecnológicos.

*Formulación de preguntas.* A partir de la delimitación de la problemática y de su solución, surgen las siguientes preguntas de investigación:

3. ¿Puede un *Makerspace* coadyuvar al logro de las metas y objetivos del Tecnológico Nacional de México?
4. ¿Cómo se incorpora un *Makerspace* dentro del modelo de educación por competencias del Tecnológico Nacional de México?

Para responder a estas preguntas de investigación, se delimita el objeto de estudio a través del análisis de la información, así como la construcción por composición y descomposición.

### 2.2.3 El objeto de estudio

El objeto de estudio de esta tesis es el TecNM campus Milpa Alta, que ha trabajado arduamente por 13 años y ha logrado hacerse del prestigio que lo caracteriza; se ha convertido en una de las instituciones de educación superior (IES) más importantes de la región, ha formado varias generaciones de egresados y alcanzó su matrícula más alta en 2019, con 1 269 estudiantes en las diferentes carreras que ofrece. Con ello, se encamina a su consolidación, gracias al trabajo y

esfuerzo conjunto de estudiantes, directivos, personal docente, personal de apoyo a la educación, padres de familia, autoridades delegacionales y federales.

*Ubicación temporal.* Comenzó sus actividades académicas en las instalaciones del CETis No. 167 “Hermanos Flores Magón”, el 8 de septiembre de 2008. El 9 de marzo de 2012, se inauguró el edificio del TecNM campus Milpa Alta, que en 2021 cumplió 13 años de ofrecer educación superior tecnológica a través de tres carreras: Ingeniería Bioquímica, Ingeniería en Gestión Empresarial e Ingeniería en Sistemas Computacionales.

*Ubicación sectorial.* Debido a que brinda servicios educativos a nivel licenciatura, se ubica en el sector terciario.

*Ubicación espacial.* La dirección física es Independencia Sur No. 36, Col. San Salvador Cuauhtenco, CP 12300, CDMX.

<i>Temporal</i>	<i>Espacial</i>	<i>Sectorial</i>
<p>Constitución de ITMA en 2008</p> <p>Programa Institucional de Innovación y Desarrollo 2013-2018</p> <p>Cambios estructurales en el plan de desarrollo en 2015</p>	<p><b>Dirección Física:</b> Independencia Sur 36, Milpa Alta, 12300 San Salvador Cuauhtenco, CDMX.</p> <p><b>Influencia Regional al Sur de la Ciudad de México</b></p>  <p><b>Longitud:</b> 19° 11' 29.76" N, <b>Latitud:</b> 99° 05' 49.92" O</p>	<p><b>Sector Terciario:</b> Brinda servicios educativos a nivel licenciatura y posgrado</p>

Figura 11. Ubicación temporal, espacial y sectorial del TecNM campus Milpa Alta.  
Fuente: Elaboración propia.

## 2.3 Alternativas de solución

### 2.3.1 Otras alternativas de solución

Actualmente, con propuestas innovadoras, las IES promueven la innovación y el emprendimiento mediante talleres, cursos y convocatorias relacionadas con la solución de problemas. De la misma manera, empresas privadas, tecnológicas y bancos participan como patrocinadores, o bien, organizan actividades propias.

Las instituciones gubernamentales impulsan el desarrollo tecnológico y la innovación principalmente a partir de convocatorias, algunas de las cuales involucran a la iniciativa privada con el sector educativo. Además, también está la llamada *triple hélice*, que conjunta al sector educativo, a la iniciativa privada y al gobierno. Por parte de la iniciativa privada, se promueven eventos como *Talent Land*, *Arduino Day* y *Maker Faire*, que impulsan la aplicación y el desarrollo de tecnologías emergentes.

La siguiente tabla concentra las principales opciones de solución que actualmente se aplican en el TecNM para fomentar la innovación y la creatividad.

Evento / Modelo	Objetivo
Modelo de Vinculación del TecNM	<p>Vinculación con el sector privado con las diferentes empresas y sectores productivos de la región, así como con instituciones públicas de los sectores de gobierno local, estatal y federal.</p> <p>Gestión de convenios de servicio social y prácticas profesionales.</p>
Cumbre Estudiantil de Negocios e Innovación Tecnológica para la Activación Económica (CENITAE)	Desarrollar proyectos para el fortalecimiento de las competencias creativas, emprendedoras e innovadoras de los participantes mediante un modelo de aceleración de emprendedores que generen empresas innovadoras que activen la economía de forma sustentable e inclusiva.
Modelo Talento Emprendedor	Consiste en actividades y estrategias para establecer el ambiente emprendedor dentro de la comunidad estudiantil en los institutos tecnológicos, con la inserción de la cultura desde los primeros semestres en la actividad académica y de formación en los estudiantes, para generar entre los jóvenes el sentido de emprendimiento y generación de ideas creativas viables, que posteriormente se conviertan en una realidad.
Centro de Incubación e Innovación empresarial (CIIE)	Es un organismo público encargado de promover y estimular la creación y el desarrollo de empresas en la región que contribuyan al desarrollo económico de la sociedad.
Nodo de Creatividad para la Innovación Tecnológica y el Emprendimiento del TecNM	Propiciar la interacción entre profesores investigadores del TecNM en el área de Tecnologías de la Información y Comunicaciones (TIC), de las instancias de gobierno y otras instituciones académicas con los sectores productivos y de servicios mediante la investigación, el desarrollo y la innovación de propuestas tecnológicas que atiendan la problemática en el entorno productivo y social en la región.
<i>Makerspace</i>	Combinar herramientas, comunidad y aprendizaje para permitir a sus usuarios diseñar y construir sus propios proyectos utilizando los recursos disponibles.

**Tabla 5. Alternativas de solución.**  
**Fuente: Elaboración propia.**

La aplicación de estas alternativas depende de la organización institucional de cada plantel, así como de las estrategias utilizadas para el cumplimiento de los objetivos. Todas forman parte del esfuerzo institucional para el desarrollo de la innovación y la creatividad, con excepción de *Makerspace*, pues



éste busca adentrarse en la comunidad para que sean los estudiantes quienes principalmente definan hacia dónde dirigir los esfuerzos.

Para identificar áreas temáticas y conceptos que envuelven teóricamente a los espacios *Maker*, el artículo de (Oliver-Espinoza, 2021) recurrió a la base de datos *Scopus*; de ese modo, fue posible identificar publicaciones que incluían en el título, el resumen y las palabras clave los conceptos *Makerspace*, *maker space*, emprendimiento, innovación, educación y aprendizaje (los cuatro en inglés).

La siguiente gráfica muestra los resultados de la búsqueda y el número de publicaciones entre 2013 y 2020.

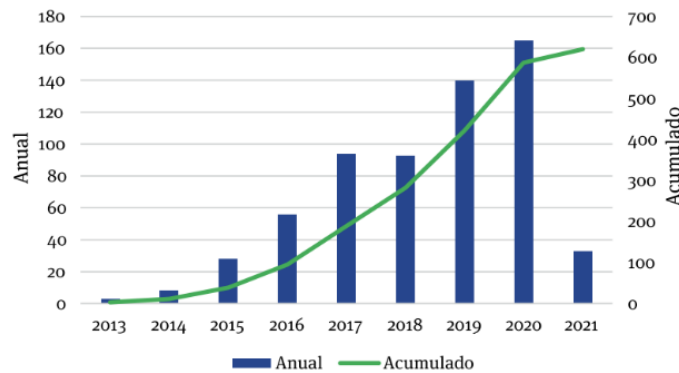


Figura 12. *Makerspace*: cantidad de publicaciones.  
Fuente: (Oliver-Espinoza, 2021).

La tasa de crecimiento anual de las publicaciones sobre *Makerspace* fue de 91%, lo que da una noción del crecimiento del objeto de estudio como tema de investigación (Oliver-Espinoza, 2021).

El siguiente mapa de concepto fue elaborado con información de la base de datos *Scopus* siguiendo el procedimiento descrito en el artículo de (Oliver-Espinoza, 2021), donde se identifican los conceptos más importantes asociados a los *Makerspace*.

Se encontraron 700 títulos, en los cuales se consideró, además del título, las palabras claves y el resumen de los artículos para la identificación de los conceptos relacionados a un *Makerspace*.



Figura 13. Nube de palabras de los títulos que publican sobre *Makerspace*.  
Fuente: Elaboración propia.



Autoeficacia	La educación en ingeniería busca fomentar la confianza, aumentar la retención y mejorar el reclutamiento de estudiantes (Taheri <i>et al.</i> , 2020).	Brindar oportunidades de experiencia práctica y técnica.  Mejorar las habilidades de comunicación, colaboración y trabajo en equipo de los estudiantes. (Taheri <i>et al.</i> , 2020)
Creatividad	La competencia creativa de los estudiantes se puede fomentar con proyectos de bricolaje en un espacio de creación (Taheri <i>et al.</i> , 2020).	Desarrollar habilidades de investigación y resolución de problemas.  Demostrar métodos de fabricación, creación de prototipos, y los desafíos con limitaciones involucrados. (Taheri <i>et al.</i> , 2020).

**Tabla 6. Beneficios de un *Makerspace*.**  
Fuente: Elaboración propia con base en (Galaleldin *et al.*, 2017; Taheri *et al.*, 2020).

En el ámbito universitario, el informe *Horizon* sitúa los *Makerspace* como un desarrollo importante de la tecnología educativa (Bonet *et al.*, 2017).

Los *Makerspace* pueden proporcionar un entorno y una plataforma perfectos para facilitar la formación tanto teórica como práctica (Taheri *et al.*, 2020). Un espacio *Maker* dentro del TecNM campus Milpa Alta promoverá la creación de proyectos, el trabajo colaborativo, impulsará la creatividad, y fortalecerá la confianza de los estudiantes en sí mismos.

### 2.3.2 Ventajas y áreas de oportunidad de los *Makerspace*

Hoy en día, los ingenieros deben estar preparados para integrarse a la fuerza laboral y prosperar dentro de una economía global siempre cambiante. Necesitan ser flexibles, resilientes, creativos, empáticos y hábiles en el reconocimiento y la medición de las oportunidades. Además, deben ser capaces de comunicarse con sus pares de manera efectiva, y ser líderes en sus equipos (Byers *et al.*, 2013) (Galaleldin *et al.*, 2017).

Las metodologías basadas en el trabajo en grupo y el aprendizaje fundado en proyectos (PBL: Project-Based-Learning), como las actividades que se realizan en entornos *Makerspace*, permiten explorar múltiples y diferentes soluciones a un mismo problema (Bonet *et al.*, 2017).

Asimismo, el aprendizaje basado en proyectos, e incluso los proyectos definidos por los estudiantes, son una forma de llenar el vacío de creatividad; al mismo tiempo, brindan oportunidades para practicar las habilidades de gestión de proyectos (Harnett *et al.*, 2015).

Los *Makerspace* ofrecen una oportunidad de educar a los ingenieros del futuro en el aprovechamiento de la creatividad en orden de ser competitivos y relevantes en una economía con crecientes necesidades y desarrollo a largo plazo de habilidades actualmente subdesarrolladas (Wilczynsky, 2015) (Galaleldin *et al.*, 2017).





Figura 15. Movimiento Hacedor.  
Fuente: (Unterfrauner et al., 2019).

La figura anterior muestra al movimiento Hacedor como la intersección entre cuatro áreas de actividades que se superponen (Unterfrauner et al., 2019).

Dougherty, Hatch, Anderson y otros enfatizan la democratización natural de la fabricación a través de *hardware* barato, facilidad de acceso a la fabricación digital, *software* y diseños compartidos (Halverson & Sheridan, 2014).

La siguiente figura muestra algunas de las tecnologías que se pueden encontrar en los *Makerspace* como, por ejemplo, pantalla verde, lego, impresora 3D, codificación y robótica, entre otros.

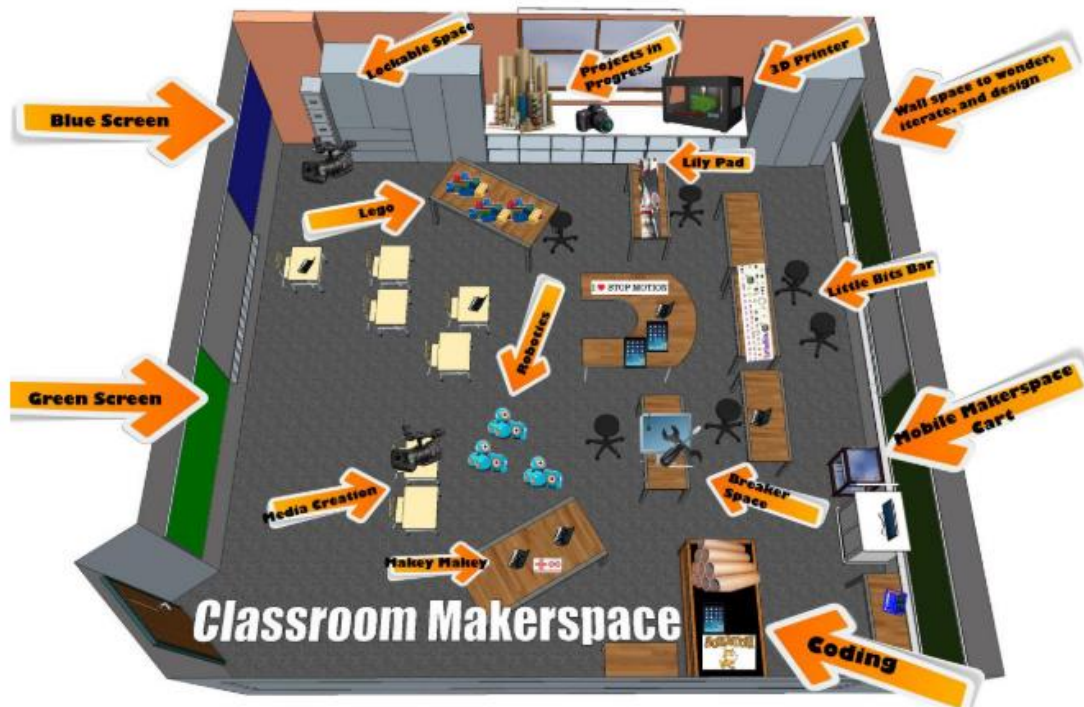


Figura 16. Makerspace.  
Fuente: (Roffey et al., 2016).

Por otra parte, hay que señalar que el movimiento de los creadores ha recibido fuertes críticas por mantener el "dominio del *nerd* masculino blanco" (Grenzforthner & Schneider, n. d.), característico de las culturas de *hackers* informáticos y robótica (Halverson & Sheridan, 2014).

Los *Makerspaces* cuentan con un área de oportunidad, pues la forma en la cual se desarrolla el aprendizaje en estos espacios aún no ha terminado de ser explorada; están vigentes preguntas como cuánto tiempo durará la novedad ante el creciente desarrollo de nuevas tecnologías, si habrá viabilidad económica en el sector privado para la apertura de nuevos espacios, si se mantendrán los ya existentes o habrá una disminución. Aún más: la creación de un modelo de inserción de los *Makerspace* en el sector educativo formal representa otra área de oportunidad.

## 2.4 La propuesta de solución

Se propone la creación de un *Makerspace* dentro del TecNM campus Milpa Alta, con lo cual se pretende coadyuvar a la solución de problemas locales en la región, promover la innovación a través de proyectos, utilizando las tecnologías emergentes y fortalecer el aprendizaje mediante el intercambio de conocimientos, experiencias e ideas.

La asignatura Desarrollo Sustentable es transversal, ya que se imparte en todas las carreras; está encaminada a fomentar el análisis y la ejecución de estrategias para el desarrollo sustentable regional desde la multidisciplina, por lo cual se sugiere integrar grupos con estudiantes de las distintas carreras (TecNM, 2016).

En esta asignatura, la contribución de un *Makerspace* sería la construcción del modelo planteado según el tipo de proyecto de asignatura propuesto.

Además, el *Makerspace* fomentará las competencias de trabajo colaborativo, el uso de nuevas tecnologías, la creatividad y la innovación, en el perfil profesional de los egresados.

El *Makerspace* del TecNM campus Milpa Alta busca aportar en la formación de estas competencias en las tres licenciaturas que se imparten: Ingeniería Bioquímica, Gestión Empresarial y Sistemas Computacionales. Por medio del aprendizaje basado en proyectos dentro de un *Makerspace*, se pretende resolver problemáticas específicas de la región y del ámbito del TecNM.

Con la aplicación de la técnica de la caja negra, se elaboró un modelo para la creación de un *Makerspace*, como se muestra a continuación:



**Figura 17. Modelo de caja negra de un Makerspace.**  
Fuente: Elaboración propia.

Este modelo considera que la innovación y creatividad puede ser promovida por medio del uso de herramientas tecnológicas emergentes como la impresora 3D, cortadora láser y router CNC. El proceso de transformación se realiza principalmente por la colaboración entre pares, con lo cual se genera una comunidad hacedora de proyectos encaminados a la resolución de problemas locales con enfoque sustentable.

#### 2.4.1 Supuestos

La problemática que se pretende resolver es el poco desarrollo de proyectos de investigación, propiedad intelectual o modelo de negocio. Una vez identificado el problema que debe ser resuelto, se realiza una investigación respecto de cuáles son las otras opciones de solución, es decir, el estado del arte de los Makerspace. El objeto de estudio es el TecNM campus Milpa Alta y la propuesta de solución es un plan para crear un Makerspace.

En virtud de que trata de un plan, se sujeta a una evaluación de factibilidad. Se parte del supuesto de que existen las condiciones sociales y económicas para ponerse en marcha de inmediato y que, en caso de no hacerlo, inevitablemente irá perdiendo vigencia. Los objetivos planteados sólo serán comprobables si se realiza el plan. Se plantea que con la creación de un Makerspace se coadyuva a la promoción de la innovación y el emprendimiento.

Un Makerspace posibilitará el aprendizaje colaborativo que construye el conocimiento a través de experiencias significativas, de modo que incide en el cambio de paradigma de la educación formal, hacia el desarrollo de las habilidades STEM, con un enfoque sustentable.

#### 2.4.2 Objetivos

A partir del análisis de la problemática de la educación superior en México, se define el problema por resolver en cuanto al impulso a la creatividad e innovación, para lo que se establece tanto el objetivo general como los específicos que guiarán el plan para la creación de un Makerspace con miras a contribuir al logro de las metas deseadas.

### 2.4.3 *Objetivo general*

Elaborar un plan para crear un *Makerspace* que utilice un modelo de enseñanza aprendizaje dentro del cual se promueva la innovación con un enfoque sustentable a través del aprendizaje colaborativo basado en competencias.

Objetivos específicos:

1. Impulsar las competencias de aprendizaje, técnicas y sociales, estimulando la creatividad, la práctica y la experimentación dentro de su formación profesional.
2. Compartir conocimientos, ideas y herramientas dirigido a estudiantes de nivel licenciatura del TecNM campus Milpa Alta.
3. Promover el desarrollo de la actividad científica, tecnológica y de innovación, con enfoque sustentable dentro del TecNM campus Milpa Alta.

### 2.4.4 *Alcance*

La propuesta de solución planteada en esta tesis fue realizada utilizando el enfoque de sistemas y la metodología de la evaluación de proyectos.

La puesta en marcha del plan podrá ser utilizada dentro del contexto planteado, o bien puede ser adecuado con ciertas características específicas.

El modelo creado en esta tesis puede ser utilizado en universidades con campus que tengan características similares al TecNM campus Milpa Alta.

EL presente trabajo se desarrolla bajo la premisa de que se cumplen los supuestos planteados.

## **Conclusiones**

La educación superior tecnológica en México enfrenta el reto de formar profesionistas capacitados para satisfacer la necesidad de la industria, lo cual podrá lograrse mediante nuevas estrategias que se adapten a las condiciones actuales.

La problemática que se pretende resolver se identifica de manera general como el aprovechamiento de los recursos con los que cuentan las instituciones educativas. En el caso específico del TecNM campus Milpa Alta, los problemas por resolver son el insuficiente desarrollo de proyectos de investigación, la propiedad intelectual o el modelo de negocio.

Después de identificar el problema por resolver, se realiza una investigación sobre cuáles son las otras opciones de solución, es decir, el estado del arte de los *Makerspace*. El objeto de estudio es el TecNM campus Milpa Alta y la propuesta de solución es un plan para crear un *Makerspace*.

Un espacio *Maker* dentro del TecNM campus Milpa Alta promoverá la creación de proyectos y el trabajo colaborativo, impulsará la creatividad e innovación, y fortalecerá la confianza de los estudiantes en sí mismos. El proceso de transformación se realiza principalmente por la colaboración entre pares; de esta manera, se genera una comunidad hacedora de proyectos que busquen resolver problemas locales con enfoque sustentable.

Otra área de oportunidad de los *Makerspace* es que aún no ha terminado de ser explorada la forma en que se desarrolla el aprendizaje dentro de estos espacios.

## 3. MARCO TEÓRICO

### Introducción

El objetivo de este capítulo es delimitar el marco teórico de referencia encaminado a elaborar un plan para crear un *Makerspace*. Comienza definiendo los conceptos usados en el estudio de los sistemas, así como sus propiedades; luego, describe el enfoque del pensamiento sistémico, enmarcado por los conceptos del sistema dentro de un sistema y sus propiedades, tomando como referencia las contribuciones de diferentes autores.

En este contexto, la aplicación del modelo de caja negra permite analizar a una organización como un sistema productivo y basado en este análisis se puede utilizar la metodología de evaluación de proyectos para elaborar un plan que considere las características particulares del sistema.

### 3.1 El enfoque de sistemas

#### 3.1.1 Introducción al enfoque de sistemas

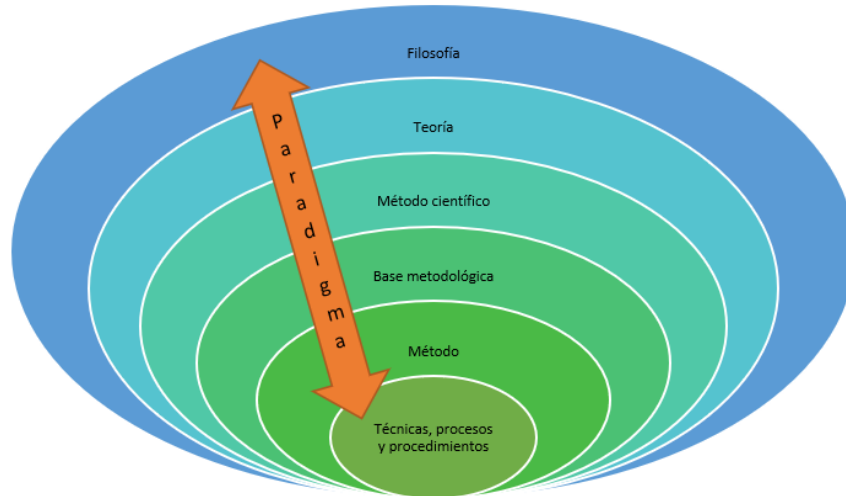
Según la Real Academia de la Lengua Española, el término *paradigma* alude a un modelo tomado como referencia o punto de comparación; está constituido por una serie de creencias que define los límites de interpretación de la realidad o, en dado caso, brinda un conjunto de teorías dentro de un contexto, las cuales siguen un cierto modelo (*Inicio | Real Academia Española*, n.d.).

El término *paradigma* se ha relacionado estrechamente con la “ciencia normal” (Kuhn, 1966), como un modelo o patrón aceptado por la comunidad científica que agrupa conceptos y teorías admitidas por un grupo de científicos; el paradigma les permite utilizar un conjunto de normas, valoraciones y reglas en sus tareas rutinarias dentro de un marco teórico. Por la percepción de las bases científicas de los individuos, un mismo evento puede sostener diferentes paradigmas. Por ejemplo, Kuhn sostiene que un físico y un químico pueden ver al hidrógeno como un átomo o una molécula respectivamente, debido a los modelos adquiridos en su preparación profesional.

Los paradigmas son supuestos teóricos generales, leyes y técnicas para su aplicación, adoptados por miembros de una misma comunidad científica; durante cierto tiempo, un paradigma proporciona modelos de solución de problemas, por lo cual es la base del inicio a la preparación científica.

En las comunidades científicas, los paradigmas son la base de la metodología para replicar modelos. Si la ciencia funciona para transformar el mundo en que vivimos, y los paradigmas soportan los argumentos en que se basa, es posible considerar la relación entre el mundo operativo y la filosofía como bidireccional a través del método científico.

En un sentido, con el paradigma, la filosofía describe la base metodológica que transforma el mundo real operativo, y en sentido contrario, a través de una serie de cambios graduales de mejora en la técnica se puede modificar el fundamento filosófico del paradigma.



**Figura 18. Relación entre el mundo operativo y la filosofía a través del paradigma.**  
**Fuente: Elaboración propia.**

La relación bidireccional del paradigma de la figura anterior puede describirse a través de un sistema, entendido éste como “un conjunto de dos o más elementos interrelacionados de cualquier especie” (Ackoff, 1981). En este caso, los elementos son el método, la técnica, los procesos y procedimientos.

Un sistema es un conjunto de herramientas estructuradas y organizadas tecnológicamente para el logro de los objetivos teniendo un propósito dentro de su entorno.

Debemos partir de tres consideraciones generales sobre lo que es un sistema (Ackoff, 1973):

1. Es un todo que consiste en dos o más partes, cada una de las cuales pueden afectar el comportamiento o las propiedades del todo.
2. Ninguna de dos o más partes, pueden tener un efecto independiente del todo.
3. Ningún subgrupo de dos o más partes puede tener un efecto independiente del todo.

En suma, sistema es un conjunto de elementos que están en interacción (Bertalanffy, 1969), de manera que las características del sistema no pueden comprenderse de manera aislada. La organización característica de un sistema está dada en los patrones generales o las interrelaciones del todo, que emergen desde las interacciones existentes a través de sus partes interdependientes (Germana, 2000). Adicionalmente, si las partes o elemento de un sistema son por sí mismas tomadas como sistemas, es decir subsistemas, entonces el sistema total en cuestión aparece como “más grande que” y “otro que” la suma de sus partes. En la medida que la complejidad organizada o sistema incorpora sus partes en un todo nuevo, diferente, emergente, se representa un nivel superordinado de integración.

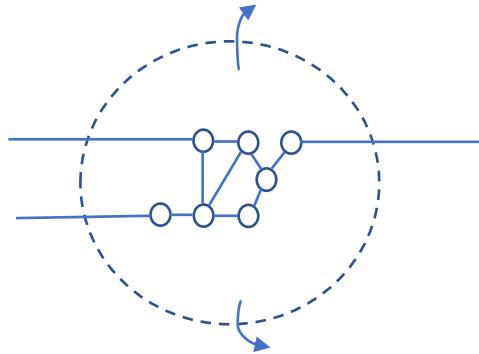
### 3.1.2 Construcción por composición y descomposición

El concepto *planeación* se construye desde una estructura metodológica. La planeación es un proceso de cambio continuo enfocado a la solución de problemas. Su propósito no es producir planes, sino resultados (Morrisey & Morrisey, 1995). El enfoque de sistemas permite representar la realidad a través de objetos de estudio como un sistema y, por lo tanto, comprender su comportamiento.

Para abordar la situación actual de la Educación Superior Tecnológica en México, y en específico del Tecnológico Nacional de México campus Milpa Alta, se utiliza el enfoque de sistemas, y se plantea un proceso de cambio educativo a través de un espacio creativo o *Makerspace*.



La construcción de un sistema puede desarrollarse a través de dos procedimientos complementarios: 1) uno por composición y 2) otro por descomposición (Gelman & Negroe, 1982).

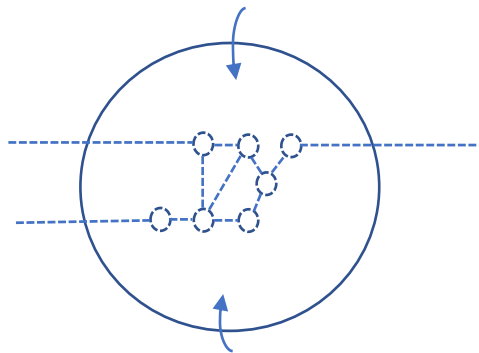


**Figura 19. Construcción por composición.**  
Fuente:(Gelman & Negroe, 1982).

A partir del marco de referencia de los sistemas (Ackoff, 1971), el concepto de sistema se comienza a construir por composición mediante el estudio de sus componentes básicas, su comportamiento y las relaciones que la vinculan. Este sistema parte del elemento y busca llegar al sistema con el riesgo de no comprender la naturaleza integral del mismo ni del papel que juega en un sistema mayor denominado *suprasistema* (Gelman & Negroe, 1982).

En la construcción por descomposición, se parte del sistema hacia sus componentes, a través de un enfoque integral. Consiste en desmembrar un sistema en subsistemas, cuyas funciones y propiedades aseguren las del sistema en su conjunto, mediante una organización adecuada.

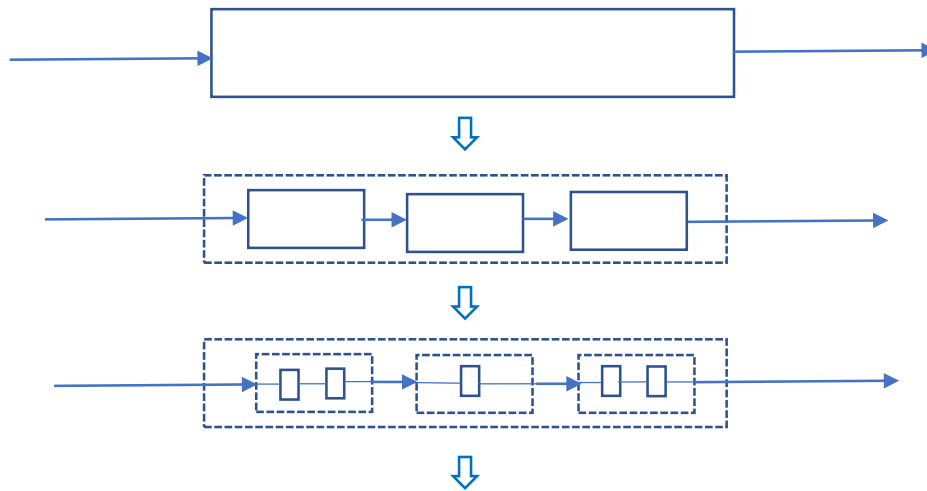
Esta construcción se realiza tomando en cuenta tanto la estructura externa como la interna del sistema en consideración. La primera se establece por medio del papel que el sistema juega en su suprasistema, al definir los objetivos y funciones totales y determinar otros sistemas al mismo nivel. La estructura interna del sistema, por su parte, se obtiene al considerar un sistema como agregado hipotético de subsistemas interconectados, de tal forma, que asegure su funcionamiento (Gelman & Negroe, 1982).



**Figura 20. Construcción por descomposición.**  
Fuente:(Gelman & Negroe, 1982).

La noción general de sistema proviene de los procesos de construcción por composición y descomposición funcional que son complementarios.

La construcción lógica de un esquema que represente el proceso de planeación requiere herramientas metodológicas como la construcción por descomposición funcional, en el cual, a través del análisis, sus funciones básicas se organizan como subprocesos, que se descomponen sucesivamente en subprocesos de otro nivel (Gelman & Negroe, 1982).



**Figura 21. Procedimiento de construcción por descomposición.**  
Fuente:(Gelman & Negroe, 1982).

La cantidad de subprocessos depende de la profundidad en el nivel de análisis para cada sistema; además, también puede considerarse la relación con el medio ambiente y con otros sistemas.

### 3.1.3 Modelo de caja negra

Un modelo es un esquema teórico de un sistema o de una realidad compleja que se elabora para facilitar su comprensión y el estudio de su comportamiento (*Inicio | Real Academia Española*, n.d.). Puede ser representado por un modelo de caja negra, la cual puede construirse con los procedimientos de composición y descomposición. El modelo de caja negra se enfoca a la actividad que realiza un sistema, sin profundizar en el detalle; se utiliza para analizar el comportamiento de un sistema, definiendo claramente sus entradas y salidas, así como la relación con el entorno que la rodea.

La representación de la caja negra permite describir su contenido, explicar su funcionamiento y predecir su comportamiento (Raviolo *et al.*, 2010). Los componentes principales del modelo de caja negra son los siguientes:

**Entradas:** Son los elementos que ingresan al sistema, de manera que son externos, mínimos, y fundamentales para que dicho sistema logre su objetivo; puede ser de diferente tipo; por ejemplo, informáticos, recursos naturales, financieros, humanos, entre otros.

**Proceso de transformación (caja negra):** Se refiere al proceso que se lleva a cabo dentro de la caja negra, y se basa en las interacciones entre los elementos internos que forman al sistema. En este proceso, se toman las entradas para modificarlas de acuerdo con la configuración interna del sistema.

**Salida:** Es el producto final, resultado del proceso de transformación, y a partir del cual se determina la eficacia, eficiencia y efectividad del sistema.

**Medio ambiente:** Son aquellos elementos externos al proceso de transformación que pueden influir en el comportamiento del sistema.

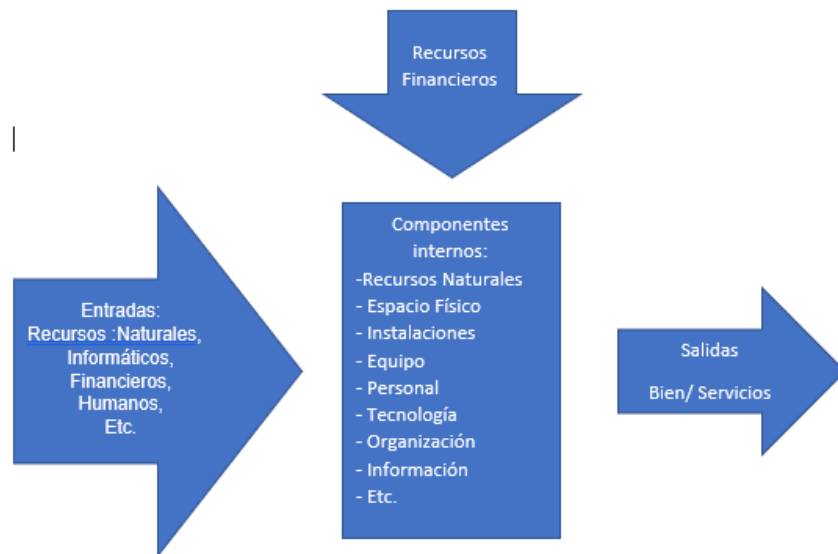


**Figura 22. Representación del modelo de caja negra.**  
Fuente: Elaboración propia.

En algunos casos también se puede considerar otras salidas no deseadas lo cual puede ser inevitable en algunos procesos de transformación como por ejemplo la generación de residuos.

### 3.1.4 Aplicación de un modelo de caja negra a un sistema productivo

Un sistema productivo se puede definir como un conjunto de elementos humanos, físicos, mecánicos y tecnológicos estructurados para producir un bien o un servicio. Es un sistema teleológico diseñado por el hombre, es decir, su comportamiento obedece a un propósito. Tomando en consideración el modelo de la caja anteriormente descrito, a continuación, presentamos un esquema general del modelo de caja negra aplicado a un sistema productivo:



**Figura 23. Representación de un sistema productivo en un modelo de caja negra.**  
Fuente: Elaboración propia.

### 3.1.5 Modelo de caja negra del TecNM campus Milpa Alta

El TecNM campus Milpa Alta es un sistema productivo cuya misión es ofrecer servicios de educación superior tecnológica de calidad, cuya representación con el modelo de caja negra como un primer acercamiento se muestra a continuación:

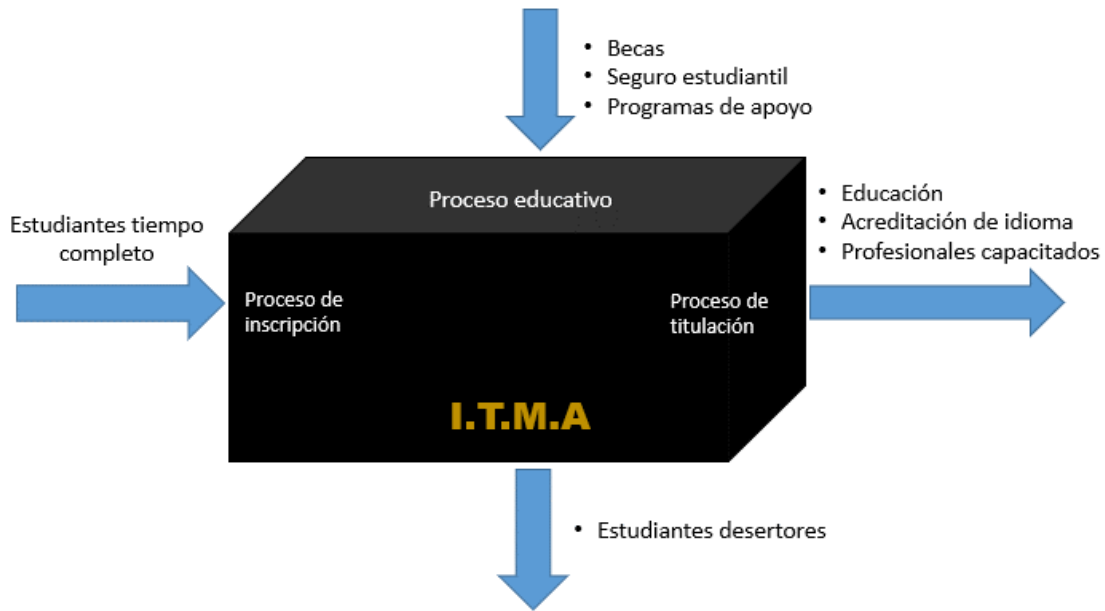


Figura 24. Representación de Caso I.  
Fuente: Elaboración Propia.

El segundo acercamiento a la representación del sistema es el proceso educativo, fundamental para la transformación de los insumos de entrada, es decir, los estudiantes que egresan como profesionistas.

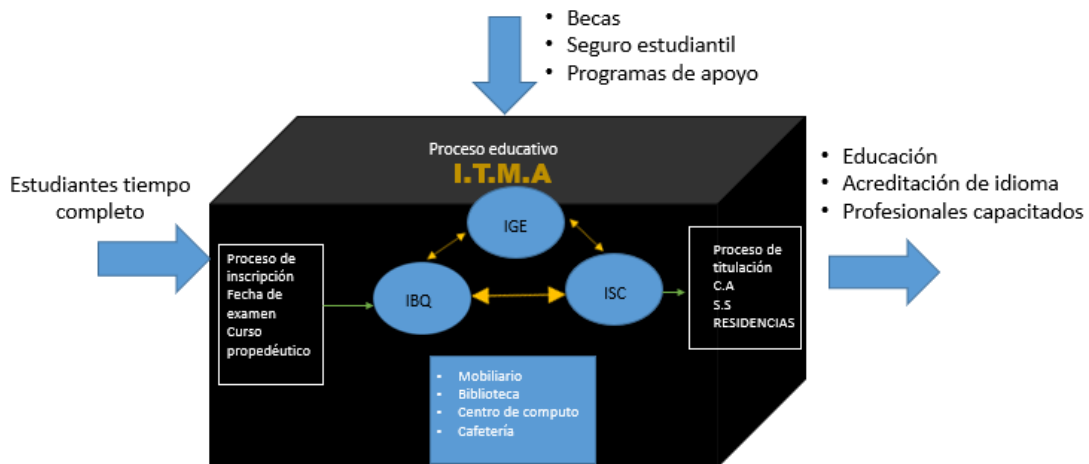
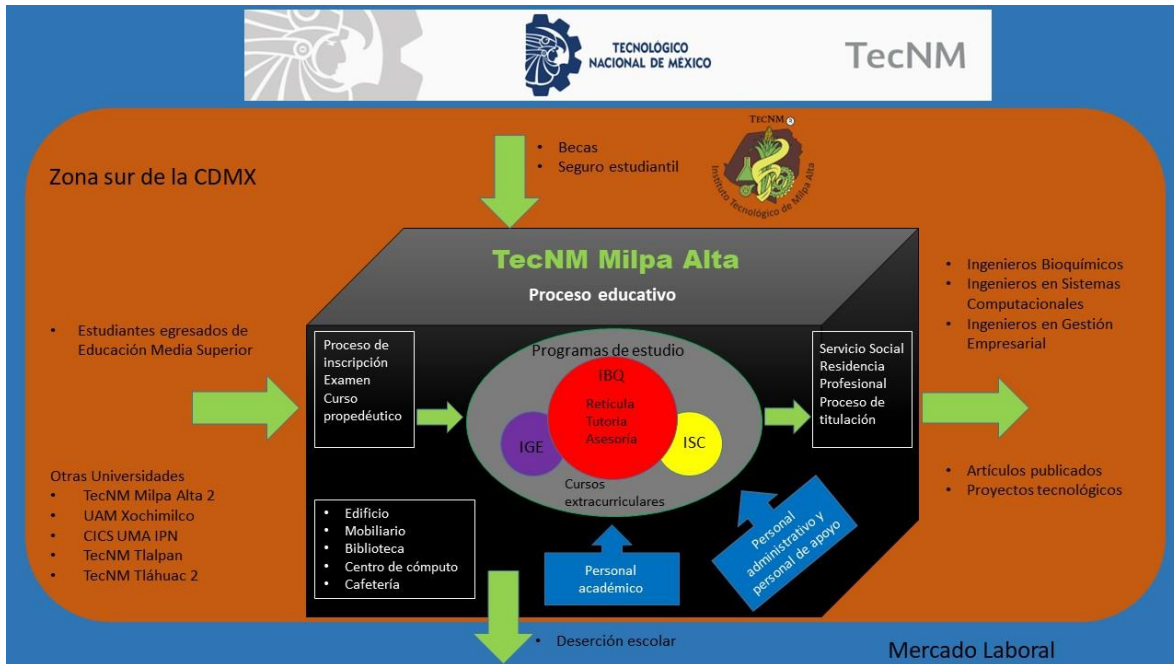


Figura 25. Representación de Caso II.  
Fuente: Elaboración Propia.

Finalmente, se considera un mayor detalle en la representación del proceso educativo, así como el entorno de primer orden, que interactúa directamente con el sistema, y el entorno de segundo orden.



**Figura 26. Representación de Caso III.**  
**Fuente: Elaboración Propia.**

La figura anterior representa nuestro estudio de caso, sus entradas, salidas y proceso de transformación.

### 3.2 Metodología de evaluación de proyectos

#### 3.2.1 Conceptos

La metodología es un conjunto de métodos que se siguen en una investigación científica (*Inicio / Real Academia Española, n.d.*). Establece los procesos que se realizan de manera ordenada y cuyo resultado puede ser reproducible.

La evaluación es un proceso mediante el cual se comparan los aspectos relevantes de un sistema contra los fines y un patrón establecido, obtenido mediante una jerarquización preferencial produciendo recomendaciones para que el sistema se acerque más a lo previsto (Sánchez-Guerrero, 2016).



**Figura 27. Enfoques de evaluación.**  
Fuente: (Sánchez-Guerrero, 2016).

En la figura anterior, se muestra los principales enfoques —duro y suave— para realizar diferentes análisis dentro de una evaluación.

El primer concepto que debe tenerse claro es el de *proyecto* visto como:

Un conjunto de elementos relacionados lógicamente, tecnológicamente y cronológicamente, que se ejecutan en un periodo de tiempo determinado, y tienen como objetivo, durante su operación, resolver un problema, satisfacer una necesidad o aprovechar una oportunidad (Morin, 2018).

La metodología de *Evaluación de Proyectos* es un proceso en el cual se comparan los aspectos más relevantes de un proyecto de tal manera que sus cualidades puedan medirse o estimarse.

El proyecto surge como respuesta a una “idea” que busca la solución de un problema, necesidad o deseo o la manera de aprovechar una oportunidad de negocio (Sapag Chain *et al.*, 2014).

Durante su ciclo de vida, los proyectos generan un flujo constante de costos y beneficios que pueden ser identificados, cuantificados y valorados<sup>3</sup> y con los que se determinará su rentabilidad socioeconómica (Morin, 2018).

Cuando se desea evaluar un proyecto de un nuevo negocio, debe evaluarse en términos de conveniencia económica, para asegurar que resuelva una necesidad humana de manera eficiente, segura y rentable (Sapag Chain *et al.*, 2014). De esto se ocupa la presupuestación de capital: determinar si una inversión o un proyecto propuesto valdrá más de lo que cuesta una vez que esté en el mercado (Ross Jaffe, Jordan *et al.*, 2022).

<sup>3</sup> En algunos casos, no es posible la valoración de beneficios, ya sea por su complejidad o por el costo que implica esta valoración. De esto dependerá que los proyectos se evalúen mediante Análisis Costo-Beneficio o Análisis Costo-Eficiencia.

La evaluación forma parte del proceso de planificación, por lo cual genera una retroalimentación que permite elegir entre diversos proyectos, de acuerdo con su eficacia, eficiencia y efectividad (Cohen & Franco, 1992). La evaluación social de proyectos compara los beneficios y costos que una determinada inversión puede tener para la comunidad de un país en su conjunto (Sapag Chain *et al.*, 2014).

Cuando un proyecto no resulta rentable desde el punto de vista privado, pero sí social, la evaluación social permitirá determinar si el monto del subsidio al inversor privado para que el proyecto le resulte rentable será compensado por los beneficios sociales (Sapag Chain *et al.*, 2014).

### 3.2.2 El proceso de evaluación

En términos generales, deben realizarse varios estudios particulares para evaluar un proyecto: de viabilidad comercial, técnica, legal, organizacional, de impacto ambiental y financiera (Sapag Chain *et al.*, 2014).

El estudio de una inversión se centra regularmente en la viabilidad económica o financiera, y toma al resto de las variables únicamente como referencia (Sapag Chain *et al.*, 2014).

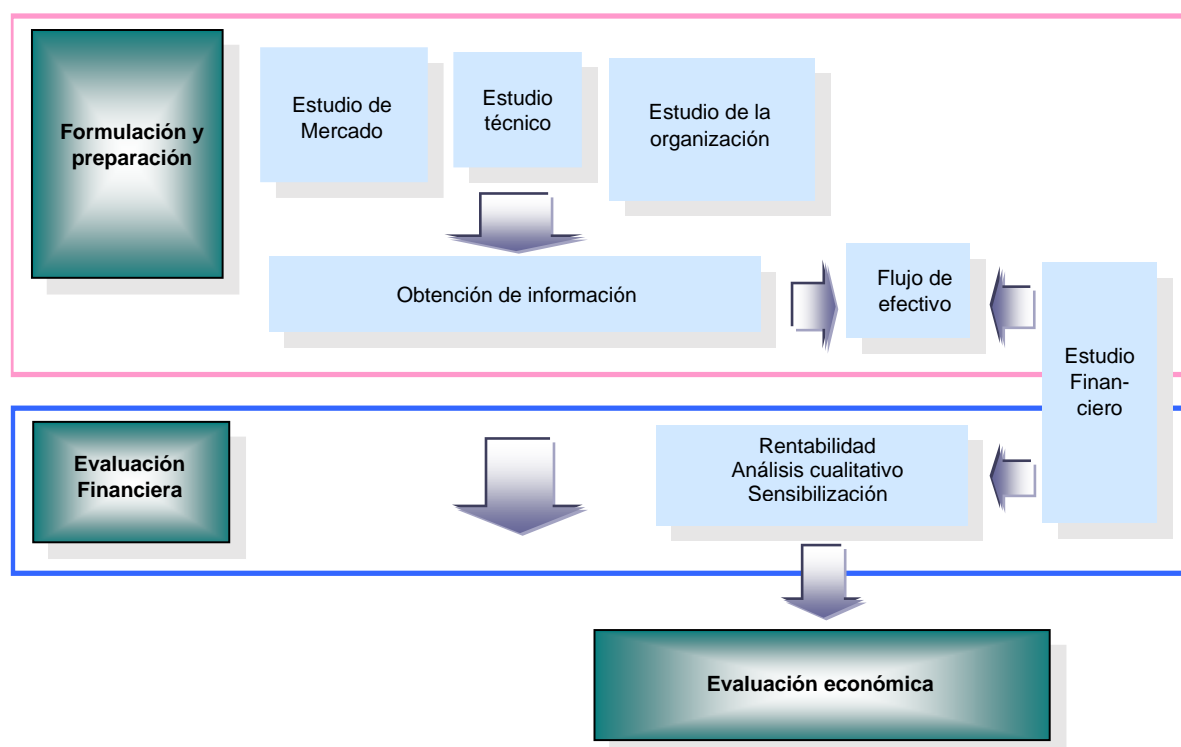


Figura 28. El proceso de evaluación.  
Fuente: (Sapag Chain *et al.*, 2014).

El proceso de evaluación de proyectos tiene una primera etapa de formulación y preparación; luego, se realiza el estudio financiero y, finalmente, la evaluación económica (figura 27).

### 3.2.3 Estudio de mercado

Es la determinación de la oferta y la demanda, así como de los ingresos de operación tanto por los costos como inversiones implícitas (Sapag Chain *et al.*, 2014). Su objetivo permite determinar la cantidad de bienes y servicios provenientes de una nueva unidad productora que, en una cierta área



geográfica y bajo determinadas condiciones, la comunidad estaría dispuesta a adquirir para satisfacer sus necesidades.

Conviene entender la noción de mercado en un sentido amplio. Debe incluir el ambiente en el que la empresa ha de vivir y al que debe adaptarse. También investigar el mercado para establecer la demanda, la estrategia de precios, los costos asociados a la comercialización, los canales que se utilizarán para ésta y los costos asociados a la estrategia de promoción y publicidad (Sapag Chain *et al.*, 2014).

Los objetivos específicos del estudio de mercado consisten en ratificar la posibilidad real de colocar en el mercado el producto o servicio que elaboraría el proyecto, conocer los canales de comercialización que usan o podrían usarse en la comercialización, determinar la magnitud de la demanda que podría esperarse y conocer la composición, características y ubicación de los potenciales consumidores (Sapag Chain *et al.*, 2014).



**Figura 29. Estudio de mercado.**  
Fuente: Elaboración propia.

### 3.2.4 Estudio técnico

El estudio técnico tiene por objeto proveer información para cuantificar el monto de las inversiones y de los costos de operación pertinentes, como parte de la viabilidad financiera de un proyecto. De aquí podrá obtenerse la información de las necesidades de capital, mano de obra y recursos materiales, tanto para la puesta en marcha como para la posterior operación del proyecto (Sapag Chain *et al.*, 2014).



**Figura 30. Estudio técnico.**  
Fuente: Elaboración propia.

La ubicación de una empresa depende de diversa información; empieza por la del producto y sigue con la del mercado donde se colocará. Del mismo modo, el tipo de materias primas se determina a partir del producto que va a ser fabricado, del volumen demandado y del grado de utilización de la capacidad instalada. Factores como la cantidad, la disponibilidad, la localización y los factores de abastecimiento de las materias primas influyen en la determinación del tamaño del proyecto, su localización, la selección de tecnología y los equipos.

En general, el tamaño de un proyecto se define por su capacidad física o real de producción de bienes o servicios, durante un período de operación que se considera normal para las condiciones y tipo de proyecto de que se trata.

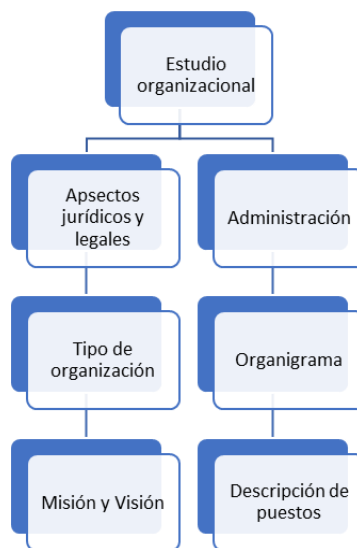
Las interrelaciones entre decisiones de carácter técnico se complican al tener que combinarse con decisiones derivadas de los restantes estudios particulares del proyecto (Sapag Chain *et al.*, 2014).

### 3.2.5 Estudio organizacional

El estudio organizacional se encarga de los factores propios de la actividad ejecutiva de la administración del proyecto: organización, procedimientos administrativos y normativas legales asociadas (Sapag Chain *et al.*, 2014).

Podrá ser muy somero si se ubica a nivel de prefactibilidad, y requerirá manual de funciones si se lleva a nivel de detalle con formas de avance y control de producción, cédulas de control de calidad, flujo de información del proceso productivo al área administrativa, entre otros aspectos.

En el caso de nuevos proyectos, es indispensable simular la operación de la organización con el mayor detalle posible, considerando que cada decisión se asocia a un costo de inversión para su realización. Dejar de realizar una operación puede impactar en la subutilización de los recursos.



**Figura 31. Estudio organizacional.**  
Fuente: Elaboración propia.

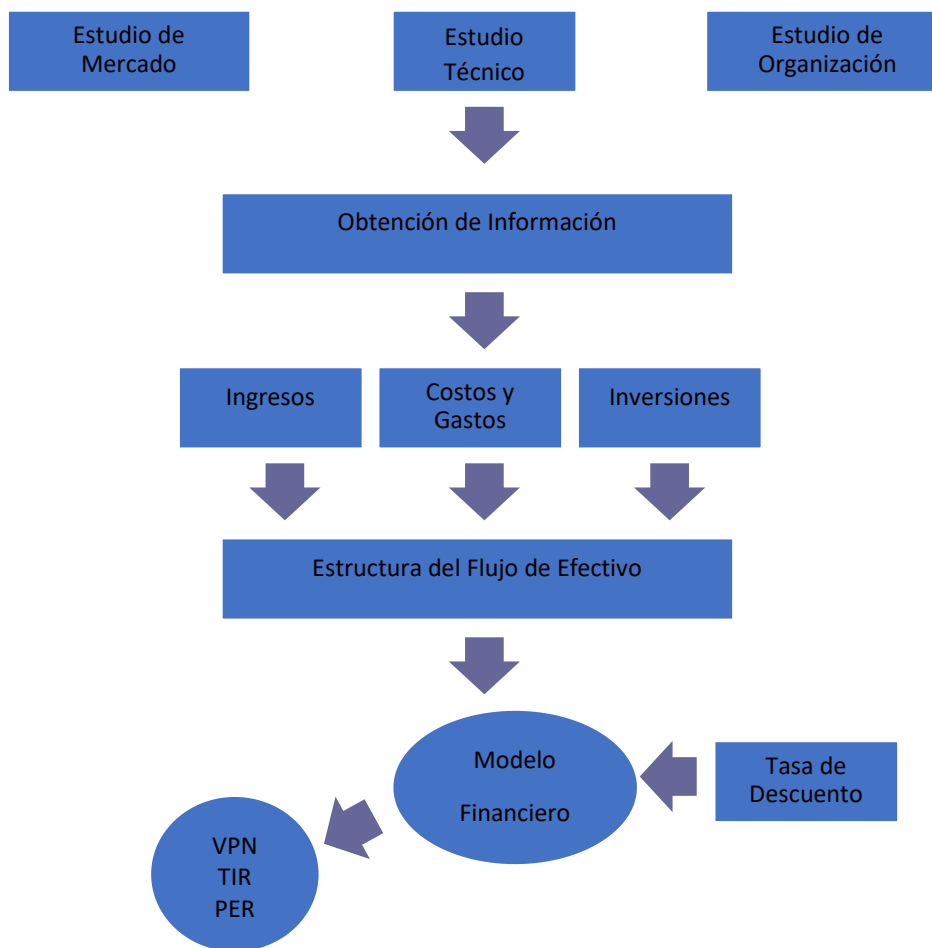
En el aspecto legal, las relaciones internas con proveedores, arrendatarios y trabajadores, así como las relaciones externas con la institucionalidad y organismos fiscalizadores, entre otros, están administradas por un contrato, o bien, por un marco regulatorio que genera costos al proyecto, por lo que influye sobre la cuantificación de sus desembolsos (Sapag Chain *et al.*, 2014).

Ya sea de manera directa o indirecta, en el estudio organizacional, se analizan las actividades de cada departamento que interviene en el proceso de transformación.

### 3.2.6 Estudio financiero

Ésta es la última etapa del análisis de viabilidad financiera de un proyecto. Los objetivos del estudio financiero son ordenar y sistematizar la información de carácter monetario que proporcionaron las etapas anteriores, elaborar los cuadros analíticos y datos adicionales para la evaluación del proyecto y estudiar los antecedentes para determinar su rentabilidad (Sapag Chain *et al.*, 2014).

En la evaluación financiera, el análisis se realiza siempre tomando como punto de referencia el dinero, por lo cual debe considerar la magnitud de los ingresos y de los egresos, el momento en el que se producen en el horizonte de tiempo y la incertidumbre o riesgo asociados.



**Figura 32. Modelo financiero.**  
Fuente: (Sapag Chain *et al.*, 2014).

Para estudiar el riesgo de la ocurrencia de los beneficios esperados del proyecto, se realiza un análisis de sensibilidad. De acuerdo con este análisis, es posible postergar el inicio de un proyecto en espera de que se presente un mejor momento, ya sea porque disminuya el riesgo, o bien, aumente su rentabilidad (Sapag Chain *et al.*, 2014).

Con el fin de que el análisis de sensibilidad sea efectivo, debe presentar los diferentes horizontes: el optimista, el constante y el pesimista. El propósito es establecer luego una comparación entre ellos.

Como parte del marco teórico, para la evaluación del proyecto *Makerspace*, se considera el modelo educativo del TecNM, como referencia principal para los criterios de selección respecto de otros proyectos.

### **3.3 El modelo educativo del TecNM**

El Modelo Educativo para el Siglo XXI Formación y Desarrollo de Competencias Profesionales (DGEST, 2012) está constituido por tres grandes dimensiones: 1) la filosófica, que centra la atención del modelo en el ser humano, 2) la académica, que integra los parámetros de referencia de formación profesional, la concepción de aprendizajes y sus condiciones, así como los estándares de la práctica educativa en los institutos tecnológicos y 3) la organizacional, que coadyuva al cumplimiento de los fines del modelo y garantiza que los recursos sean dedicados sustancialmente a los fines educativos.

#### *3.3.1 La formación por competencias del TecNM*

Para el Tecnológico Nacional de México, una competencia es la integración y aplicación estratégica de conocimientos, procedimientos y actitudes necesarios para la solución de problemas de contexto, con una actuación profesional, ética, eficiente y pertinente en escenarios laborales heterogéneos y cambiantes (Tecnológico Nacional de México, 2014).

Más allá de lo cognitivo y lo laboral, este concepto de competencia se centra en la definición y comprensión del ser competente, como una forma de vida; en consecuencia, se centra en formar competencias para la vida (Gamino-Carranza & Acosta-González, 2016).

Los programas de estudio que se desarrollan en el TecNM están soportados por los siguientes contenidos (DGEST, 2012):

1. Los contenidos conceptuales —el saber— son constructos teóricos que ayudan al estudiante a resolver un problema de carácter científico. Son de carácter disciplinario y fundamentan a los contenidos procedimentales.
2. Los contenidos procedimentales —el saber hacer— son ejecuciones de procesos, métodos, técnicas y procedimientos relacionados con el tratamiento de problemas de producción. En el saber hacer, los contenidos conceptuales se expresan de manera operativa.
3. Los contenidos actitudinales —el saber ser— son pautas habituales de actuación que conforman el perfil ético de la persona como profesional.

Los contenidos del Modelo Educativo del TecNM se toman como base para el desarrollo del proyecto *Makerspace*, tomando en cuenta que las características de trabajo colaborativo, el aprendizaje basado en proyectos, el uso de herramientas y las nuevas tecnologías pueden coadyuvar al logro de los objetivos en la adquisición de competencias y fomento a la creatividad e innovación.

#### *3.3.2 La innovación en el TecNM*

Con la investigación científica, el desarrollo tecnológico y la innovación, se fortalece la labor académica y se contribuye a la generación del conocimiento, mediante el desarrollo de productos, diseños, procesos y servicios que mejoran la calidad de vida de la sociedad (TecNM, 2020).

Innovación Tecnológica. Es el resultado de acciones que propicien el desarrollo, la producción y la comercialización de nuevos o mejorados productos y/o servicios. Incluye

además la reorganización de procesos productivos, la asimilación o mejora sustancial de un servicio o proceso productivo y que todas estas acciones hayan satisfecho una necesidad social o que estén avaladas por su éxito comercial (DGEST, 2012).

El fortalecimiento de la investigación, el desarrollo tecnológico, la vinculación y el emprendimiento (TecNM, 2020) son ejes estratégicos que se plantean dentro del TecNM en su Programa de Desarrollo Institucional (PDI) 2019-2024.

Los indicadores de este eje estratégico son la conformación de grupos de trabajo interdisciplinario para la innovación y emprendimiento, así como el desarrollo de prototipos e iniciativas de nuevos negocios en la comunidad TecNM.

## Conclusiones

En este capítulo, se abordaron los elementos teóricos que fundamentan la elaboración de un plan para crear un *Makerspace*.

En primer lugar, el enfoque de sistemas permite analizar la complejidad de la interacción dentro de las organizaciones con una visión holística. En virtud de la gran cantidad de factores que intervienen dentro de una institución como el TecNM para el desempeño de sus actividades, el enfoque de sistemas permite comprender la naturaleza compleja de los problemas cuando se ponen en marcha los planes estratégicos para el logro de los objetivos.

En segundo término, mediante la técnica de la caja negra se identifican los elementos que forman parte del objeto de investigación. Con este modelo se representa el proceso educativo del TecNM campus Milpa Alta, así como las externalidades que influyen en el primer y segundo orden.

Después, la metodología de evaluación de proyectos define los aspectos más importantes en el estudio de un proyecto productivo. Las etapas de la evaluación de proyectos son 1) estudio de mercado, 2) el estudio organizacional, 3) el estudio técnico, 4) el estudio financiero y 5) el estudio económico del proyecto.

El objetivo del *estudio de mercado* es establecer la cantidad de bienes y servicios provenientes de una nueva unidad productora que, en una cierta área geográfica y bajo determinadas condiciones la comunidad, estaría dispuesta a adquirir para satisfacer sus necesidades.

En el *estudio organizacional*, se analizan las actividades de cada departamento que interviene directa o indirectamente en el proceso de transformación.

El *estudio técnico* provee información respecto a la localización del proyecto, el proceso de producción, el tamaño y la ingeniería del proyecto, así como el monto de inversión.

En cuanto al *estudio financiero*, el análisis se realiza siempre tomando como punto de referencia el dinero. Considera la magnitud de los ingresos y egresos, el momento en el que se producen en el horizonte de tiempo y la incertidumbre o riesgo asociados.

El *estudio económico* del proyecto considera a toda la comunidad contrastando la situación actual y la que se presentaría si el proyecto se lleva a cabo.

Finalmente, el modelo educativo es el marco que orienta el proceso educativo por medio de líneas de trabajo y que representa lo deseable del sistema. Estos contenidos del Modelo Educativo del TecNM se toman como base para el desarrollo del proyecto *Makerspace*, considerando que las características de trabajo colaborativo, el aprendizaje basado en proyectos y el uso de herramientas

y nuevas tecnologías pueden coadyuvar al logro de los objetivos en la adquisición de competencias y fomento a la creatividad e innovación.

## 4. DEFINICIÓN Y EVALUACIÓN DEL PROYECTO

### Introducción

La planeación surge por efecto de una necesidad; es un esfuerzo asociado a necesidades existentes o anticipadas. Elaborar un plan es un paso en un continuo de medios y fines. En el contexto de la ingeniería, todo sistema que esté en consideración debe ser susceptible a transformarse por medio de la planeación (Sánchez Lara, 2021). Un proyecto es la búsqueda de una solución inteligente al planteamiento de un problema que tiende a resolver una necesidad o deseo humano (Sapag Chain *et al.*, 2014).

En el presente capítulo, se presentan los estudios que permiten evaluar el proyecto de *Makerspace*: 1) estudio de mercado, 2) organizacional, 3) técnico y 4) financiero.

### 4.1 Estudio de mercado

En este estudio, se busca caracterizar la oferta y la demanda que el proyecto educativo *Makerspace* tendrá; para ello, se estiman los ingresos para la posterior evaluación financiera.

#### 4.1.1 Objetivos

##### *Objetivo general*

Elaborar un estudio de mercado cuantitativo para evaluar la viabilidad de un nuevo servicio educativo dentro del campus Milpa Alta del Tecnológico Nacional de México, en el cual se proyecta el uso de tecnologías innovadoras.

##### *Objetivos específicos*

1. Definir el servicio prestado dentro del *Makerspace*.
2. Establecer y clasificar la demanda y oferta actual.
3. Proyectar la oferta y demanda dentro de los próximos 10 años.
4. Identificar los aspectos de promoción y difusión del servicio.

#### 4.1.2 Identificación del servicio

El servicio que se ofrecerá busca generar un modelo innovador y creativo de enseñanza aprendizaje, tomando en cuenta las amplias posibilidades que implica la filosofía *maker*, el aprender haciendo, el hazlo tú mismo y el aprendizaje colaborativo.

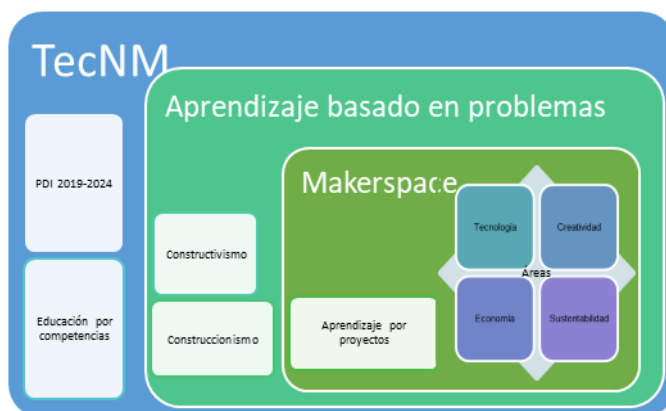
El proyecto consiste en la apertura de un *Makerspace* en las instalaciones del campus Milpa Alta del TecNM, que permitirá el uso de nuevas tecnologías dentro del proceso educativo del plantel.

Con *Makerspace*, se busca educar a través del aprendizaje significativo por medio del desarrollo de prototipos, fomentando la creatividad y el trabajo en equipo y utilizando estrategias de aprendizaje basado en problemas.

Este método se integra en el modelo educativo del TecNM y se ordena a su PDI 2019-2024 (figura 33). El aprendizaje basado en problemas utiliza los principios del constructivismo, en cuyo centro se encuentra el estudiante. El aprendizaje construye su propio conocimiento a partir de experiencias



significativas. Por otra parte, el construccionismo sugiere que la construcción de prototipos o artefactos físicos puede generar experiencias significativas para el estudiante.



**Figura 33. Alineación del Makerspace al PDI.**  
Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.3 Clasificación del servicio

En relación con su uso, el *Makerspace* es un servicio de consumo final. En relación con su efecto, es un servicio innovador, pues ofrece un nuevo modelo de enseñanza aprendizaje que atiende a los intereses de los estudiantes del TecNM campus Milpa Alta sobre el uso de nuevas tecnologías; además, fomenta la innovación al facilitar el desarrollo de prototipos que den solución a problemas locales y regionales. También desarrolla el autoaprendizaje y fortalece la confianza del estudiante al experimentar en un ambiente seguro, donde se permite fallar y aprende que los errores forman parte del proceso.

#### 4.1.4 Análisis de la demanda y oferta actuales

La educación superior está creciendo y, si se mantienen los patrones actuales, 26% de los jóvenes obtendrá algún título de educación superior a lo largo de su vida. Medio millón de egresados ingresa cada año en el mercado laboral y México confía en ellos para progresar en las cadenas de valor mundiales (OCDE, 2019a).

En el ciclo escolar 2020-2021, la matrícula total de educación superior en la Ciudad de México fue de 849 320 estudiantes, de los cuales 527 621 estudian en instituciones públicas (ANUIES, 2021).

Ciclo escolar	Matrícula total	Nuevo Ingreso Total
2020-2021	527,621	130,521
2019-2020	490,615	123,056

**Tabla 7. Matrícula de educación superior en la Ciudad de México. Fuente: (ANUIES, 2021).**

La mayoría de estos jóvenes utilizará las TIC durante su vida universitaria, y constantemente tendrá acceso a información sobre nuevas tecnologías; en el caso del *hardware*, la impresión 3D, Arduino, Raspberry Pi, entre otros; en el caso del *software*, *Stop motion*, *Story telling*, *Coding*, *Gaming*, *Green screen* y demás.

El *Makerspace* se propone satisfacer la demanda de servicios complementarios a la educación superior tecnológica en el TecNM campus Milpa Alta. Será una demanda continua, ya que estará ordenada conforme el calendario de la SEP, de manera que brindará servicio durante el periodo de clases; en los periodos vacacionales de verano e invierno, se ofrecerán cursos intersemestrales.

### Target primario

En este apartado, se encuentran los jóvenes con una edad de 18 a 29 años, inscritos en el TecNM campus Milpa Alta. Para el ciclo 2020-2021, formarán una matrícula de 1,200 estudiantes con interés por el uso de nuevas tecnologías, la construcción de maquetas o prototipos que puedan ayudarles para la comprensión de un tema específico.

### Target secundario

Son los docentes de alguna de las IEMS (Instituciones de Educación Media Superior) que estén desarrollando un proyecto escolar, así como los estudiantes que participan en él y están interesados en utilizar nuevas tecnologías para la construcción de un prototipo.

#### 4.1.5 Elaboración de la encuesta

Con el objetivo de conocer la demanda real o efectiva del *Makerspace*, se aplicó una encuesta por medio de *Microsoft forms*, que luego se envió el enlace a las cuentas de correo institucional de los estudiantes del campus. La encuesta tiene la finalidad de conocer qué opinan los estudiantes acerca del uso de nuevas tecnologías; cuáles conocen y si les gustaría aprender y utilizar nuevas herramientas para la presentación de sus proyectos escolares.

### Encuesta

Estimadas y estimados estudiantes:

Espero que se encuentren bien. Con el propósito de analizar su opinión respecto al uso de nuevas tecnologías en el desarrollo de proyectos escolares, se solicita de su invaluable apoyo para el llenado del siguiente cuestionario:

1. ¿Qué importancia tiene el uso de recursos tecnológicos como apoyo didáctico en los procesos de enseñanza?

- Necesario
- Opcional
- No aplica en el área de la educación

2. ¿Cree que los recursos tecnológicos favorecen la adquisición de aprendizajes?

- Sí
- No

3. ¿Qué tipo de entorno es más conveniente para el aprendizaje?

- Entorno virtual
- Entorno presencial

4. ¿El uso de entornos virtuales de aprendizaje nos hace dependientes de la tecnología?

- Sí
- No

5.- Especifique cuáles de las siguientes nuevas tecnologías le gustaría conocer y aprender.

	Me gustaría	Suena interesante	Más o menos	No me gustaría	No la había escuchado
Sitios web educativos					
Plataformas educativas					

Uso de simuladores					
Coding					
Gaming					
Story telling					
Stop motion					
Robótica educativa					
Arduino					
Raspberry Pi					
Cortadora Láser					
Router CNC					
Impresora 3D					

Tabla 8. Opinión sobre nuevas tecnologías.  
Fuente: Elaboración propia.

Gracias por su participación.

#### 4.1.6 Análisis de resultados

La encuesta sobre el uso de nuevas tecnologías en el desarrollo de proyectos educativos se aplicó en el TecNM campus Milpa Alta. Esta institución ofrece tres carreras de nivel licenciatura, y cuenta con una matrícula de 1,200 estudiantes inscritos en el semestre que comprende los meses de agosto-diciembre de 2021.

#### Cálculo de la muestra para la población del TecNM campus Milpa Alta

Octubre 2021

N Tamaño de la población  
n Tamaño de la muestra  
p = q 0.5  
B Error máximo  
D Total de unidades

$$D = \frac{B^2}{4}$$

$$n = \frac{Npq}{(N - 1)D + pq}$$

N	1200
---	------

D	0.0006250000
---	--------------

B	0.09
---	------

n	112.0249442
---	-------------

p=q	0.5
-----	-----

Conclusión	Con un error máximo de 9% y p=q=0.5 el tamaño de la muestra deberá ser de 112 estudiantes.
------------	--------------------------------------------------------------------------------------------

Tabla 9. Cálculo de la muestra para la encuesta.  
Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se muestran los resultados de la Encuesta contestada por 120 estudiantes (10% de la población) del TecNM campus Milpa Alta:

1. ¿Qué importancia tiene el uso de recursos tecnológicos como apoyo didáctico en los procesos de enseñanza?

[Más detalles](#)

Insights

● Necesario	102
● Opcional	13
● No aplica en el área de la edu...	0



**Figura 34. Importancia del uso de recursos tecnológicos.**

Fuente: Elaboración propia.

90% de los encuestados respondió que es necesario el uso de recursos tecnológicos como apoyo didáctico en los procesos de enseñanza; la mayoría respondió que sí favorecen la adquisición de aprendizajes.

2. ¿Cree que los recursos tecnológicos favorecen la adquisición de aprendizajes?

[Más detalles](#)

● Si	110
● No	5



**Figura 35. Opinión sobre los recursos tecnológicos.**

Fuente: Elaboración propia.

81% respondió que el entorno presencial es más conveniente para el aprendizaje y 95% que los recursos tecnológicos favorecen a la adquisición de aprendizajes.

3. ¿Qué tipo de entorno es más conveniente para el aprendizaje?

[Más detalles](#)

Insights

● Entorno virtual	22
● Entorno presencial	93



**Figura 36. Opinión sobre entornos de aprendizaje.**

Fuente: Elaboración propia.

Del universo de estudiantes, 81% considera más conveniente el entorno presencial; 95% cree que los recursos tecnológicos favorecen el aprendizaje; 90% cree necesario el uso de recursos tecnológicos. De lo anterior, puede concluirse que al menos 80% de los estudiantes prefieren el entorno presencial, utilizando además recursos tecnológicos para el aprendizaje.

4. ¿El uso de entornos virtuales de aprendizaje nos hace dependientes de la tecnología?

[Más detalles](#)

Insights



**Figura 37. Opinión sobre el uso de entornos virtuales.**  
Fuente: Elaboración propia.

69% de los estudiantes considera que el uso de entornos virtuales de aprendizaje nos hace dependientes de la tecnología; 92% cree que es necesario el uso de estos recursos tecnológicos.

Se concluye que cerca de 70% de los estudiantes está consciente de la importancia de la tecnología en los procesos de aprendizaje, y de la dependencia de ésta para el acceso a la información.

A 69.6% de los estudiantes le gustaría aprender impresión 3D; a 65.2%, el uso de simuladores y a 59.1%, robótica educativa.

24.3% de los estudiantes no había escuchado sobre *Story Telling*; 18.3% no conoce *Raspberry Pi* y 17.4% *Stop motion*.

En estos resultados, podemos observar un interés por el uso de nuevas tecnologías para el aprendizaje en 55% de los estudiantes. Un hallazgo es que el entorno presencial utilizando nuevas tecnologías como impresión 3D, simuladores y robótica educativa despierta gran interés para 50% de los estudiantes.

## 5. Especifique cuáles de las siguientes nuevas tecnologías le gustaría conocer y aprender.

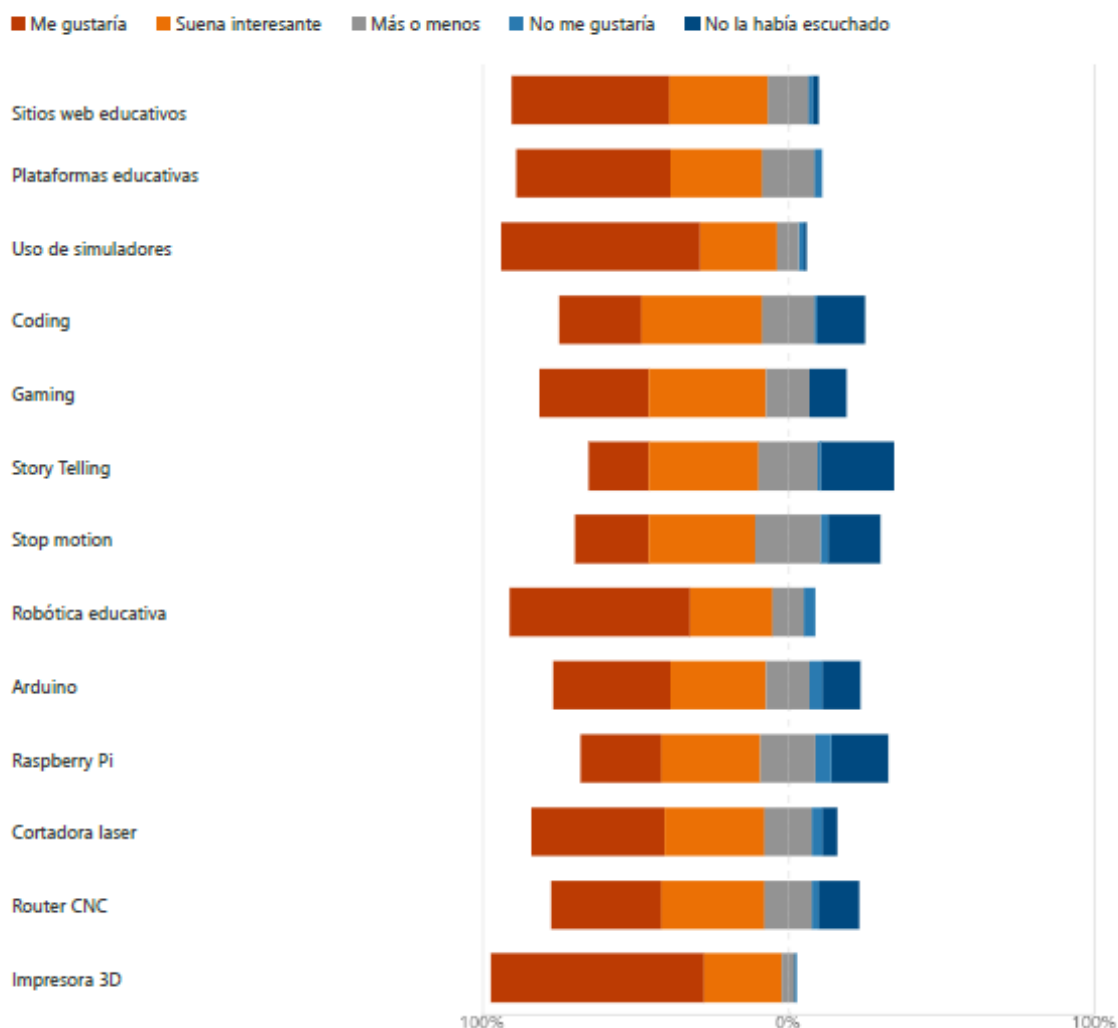


Figura 38. Interés en nuevas tecnologías.  
Fuente: Elaboración propia.

Es posible concluir que la apertura de un *Makerspace* captaría la atención de la población estudiantil y, de ella, 50% de los estudiantes tendría interés por aprender a utilizar sus recursos.

### 4.1.7 Oferta actual

Actualmente no se ofrece un servicio educativo que incluya un *Makerspace*, por lo que su aceptación dependerá del interés de la comunidad sobre el uso de las herramientas tecnológicas, su esquema de préstamo, la capacitación para el uso de la impresora 3D y la respuesta de la comunidad para el trabajo colaborativo.

Este proyecto está dirigido al consumidor institucional, el cual toma en cuenta las ventajas que ofrece *Makerspace* sobre otras opciones. La segmentación de mercado está en función del interés por el uso de herramientas tecnológicas en forma presencial.

Respecto a la competencia, los *Makerspace* más cercanos se encuentran en Coyoacán (330 Ohms) y en el centro histórico (*Hacedores*) que, si bien son ampliamente conocidos dentro de la comunidad *Maker*, se encuentran al menos a una hora y media de traslado del TecNM campus Milpa Alta.

Considerando lo anterior, un *Makerspace* en las instalaciones del TecNM campus Milpa Alta tendría un número potenciales de 600 estudiantes usuarios; de ellos, a 300 les gustaría conocer y aprender alguna de las nuevas tecnologías. Lo anterior sugiere que, después de las aulas, un *Makerspace* se convertiría en el espacio físico más utilizado por los estudiantes.

#### 4.1.8 Precio

Todos los servicios ofrecidos por el *Makerspace* serían gratuitos: uso del espacio, préstamo de herramientas, asesoría técnica, impresión 3D, entre otros. A continuación, se menciona el costo de los servicios de otros espacios *Maker* en la Ciudad de México durante 2021:



Servicio	La nave 	330 ohms 	Hacedores 
<b>Membresía</b>	Por cotización	\$100 mxn por día	\$500 mxn/mensual/ básica
<b>Corte láser</b>	Por cotización	\$7.00 mxn por minuto	Por cotización
<b>Router CNC</b>	No aplica	\$8.00 mxn por minuto	Por cotización
<b>Impresión 3D</b>	Por cotización	No aplica	Por cotización

Tabla 10. Costo de servicios.  
Fuente: Elaboración propia.

Al ofrecer servicios gratuitos, este espacio tendrá un alto impacto social y se fortalecerá el sentido de pertenencia a la institución.

#### 4.1.9 Proyección de la oferta y la demanda

Los espacios *Maker* están creciendo principalmente en colegios particulares, por lo que la oferta estaría limitada al acceso de estos espacios y, en caso de abrir un espacio propio en el TecNM campus Milpa Alta, se podría considerar como alternativa única para el acceso a nuevas tecnologías dentro del instituto.

La demanda estaría en función del número de estudiantes inscritos en el plantel —en específico, los interesados en conocer y aprender alguna de las nuevas tecnologías—, por lo que se puede hacer la siguiente proyección de acuerdo con la encuesta realizada.

	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
<b>Número de alumnos inscritos</b>	1207	1206	800	800	800	800	800	800	800	800	800
<b>Usuarios potenciales del <i>Makerspace</i></b>	0	300	200	200	200	200	200	200	200	200	200

Tabla 11. Proyección de la demanda.  
Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.10 Difusión

Con el propósito de difundir los servicios del espacio creativo *Makerspace* y beneficiar al mayor número de estudiantes posible, se definen las siguientes estrategias:

*Estrategia de servicio.* Proporcionar información clara sobre las condiciones del servicio ofrecido y los protocolos de seguridad e higiene necesarios para hacer uso de éste. Promover los valores de trabajo colaborativo interdisciplinario y democratizar el conocimiento en el uso de nuevas tecnologías. Ofrecer talleres y pláticas introductorias sobre impresión 3D. Complementar el aprendizaje formal que se imparte en las carreras ofertadas por el TecNM campus Milpa Alta, mediante el enfoque constructivista y constructorista.



*Estrategia de difusión.* Crear una sección en la página web del TecNM campus Milpa Alta sobre los servicios que ofrece el espacio creativo *Makerspace*. Creación de infografías sobre los talleres y pláticas sobre impresión 3D.

*Estrategia de promoción.* Al ser un servicio novedoso y que no tiene competencia en las comunidades cercanas, se puede contactar a medios informativos locales que tengan interés en publicar información sobre el *Makerspace*.

*Estrategia de redes sociales.* Proporcionar información sobre las actividades realizadas en el *Makerspace* para su publicación en las redes sociales del TecNM campus Milpa Alta.

#### 4.1.11 Proyección de ingresos

Debido a que los servicios ofrecidos serán gratuitos para toda la comunidad, no se contempla recibir ingresos por el uso de este espacio.

## 4.2 Estudio organizacional

En este estudio se identifican los requerimientos legales y ambientales, las necesidades de personal, las características del personal, gastos de administración, mobiliario de inicio y estructura organizacional para el funcionamiento del proyecto *Makerspace* en el TecNM campus Milpa Alta.

### 4.2.1 Aspectos ambientales

El impacto de un *Makerspace* se centra en los residuos generados por el uso de las nuevas tecnologías, como impresión 3D, corte láser, desbaste con CNC, así como los residuos por diseño de prototipos, como corte de cable conductor, soldadura, pegamento, cartón, papel, plástico y demás. El tema ambiental será parte importante a través de la concientización sobre el uso y aprovechamiento de los recursos, el ahorro de energía y la importancia del desarrollo de productos amigables con el medio ambiente, lo cual es relevante si consideramos que se trata de un proyecto que complementa la formación de estudiantes universitarios.

Política Ambiental del Tecnológico Nacional de México.

El TecNM establece el compromiso de implementar y orientar todos sus procesos estratégicos y actividades del proceso educativo hacia la Calidad del Servicio Educativo y respeto del medio ambiente. Por ello, da cumplimiento a los requisitos del estudiante y partes interesadas, la legislación ambiental aplicable y otros requisitos ambientales que se suscriban, así como promover en su personal, estudiantes y partes interesadas la prevención de la contaminación y el uso racional de los recursos, mediante la implementación, operación y mejora continua de un Sistema de Gestión de Calidad conforme a la Norma ISO 9001:2015/NMX-CC-9001-IMNC-2015 y un Sistema de Gestión Ambiental conforme a la Norma ISO 14001:2015/NMX-SAA-14001-IMNC-2015. De esta manera, coadyuva a la conformación de una sociedad justa y humana con una perspectiva de sustentabilidad y de ser uno de los pilares fundamentales del desarrollo sostenido y sustentable.

La identificación de los aspectos ambientales y su grado de significancia se lleva a cabo mediante una matriz de doble entrada. Las columnas enlistan la serie de aspectos ambientales de acuerdo con el factor ambiental afectado, es decir: Demanda de recursos naturales, agua, suelo, aire, flora, fauna y personas. Frente a cada actividad, se encuentra la primera columna en la que se enlistan los criterios de valoración que serán utilizados en cada interacción Actividad-Aspecto ambiental. Los criterios por utilizar son Magnitud (Mg), Duración (Dn) y Frecuencia (Fr).

Los criterios Mg, Dn y Fr serán evaluados con las opciones "baja", "media" o "alta" (valores de 1, 2, o 3, respectivamente). Previo a la asignación del valor, se recomienda diferenciar las actividades con valor "baja" de las de valor "alta" para, en función de ello, asignar valores de manera diferenciada. Por ejemplo, para el aspecto ambiental "Energía eléctrica", tenemos varias actividades que la consumen; de todas ellas, seleccionaríamos la que consideremos que consume menos —tal es el caso del trabajo docente en cubículos, las aulas, el almacén de reactivos químicos, entre otros—, a los cuales calificaríamos con "1". Por el otro extremo, encontraremos las actividades de mayor consumo, como uso de aire acondicionado, iluminación de áreas abiertas, iluminación de áreas cerradas, etcétera, a las que se asignaría el valor de "3". Se recomienda hacer lo mismo para los criterios de Dn y Fr.

El uso de equipos de cómputo es constante, pues se requiere para diseño, programación, simulación y búsqueda de información; sin embargo, el consumo de energía es bajo para estos equipos. La impresión de información es mínima, pues todos los archivos se pueden almacenar forma electrónica para ser posteriormente visualizados.

El consumo de materiales y equipos eléctricos será continuo para el caso de soldadura con cautín, conexión de equipos con fuente o eliminador de baterías, consumo de materiales como resistencias, leds, diodos, transistores, capacitores, circuitos lógicos, etcétera. La generación de residuos eléctricos y electrónicos es directamente proporcional al uso del espacio, el cual se espera que incremente de manera gradual, por lo que se destinará un área específica para el almacenamiento de estos residuos.

Respecto a la iluminación, mantenimiento y limpieza de instalaciones, así como control de fauna indeseable, se considera la misma necesidad que cualquier otra área académica como las aulas o biblioteca.

Respecto a nuevos productos y servicios se considera la cortadora láser, el router CNC, así como la impresión 3D, donde se incluye los filamentos APS y PLA, acrílico y madera MDF. En condiciones normales de operación, la significancia será baja en cuanto al consumo de recursos, ya que todos los proyectos se realizarán como prototipos y se promoverá el desarrollo sustentable como premisa para cada uno de ellos.

Actividad		Tabla 12. Consumo de recursos. Fuente: (TecNM, 2016).									
		Agua	Energía eléctrica	Gas	Combustible	Materiales y equipos eléctricos	Solventes y pinturas	Material de limpieza	Sustancias químicas y materiales en laboratorios y talleres escolares	Papel	
¿APLICA NORMATIVIDAD?	sí										
	no	no	no	no	no	no	no	no	no	no	no
CONDICIONES NORMALES DE OPERACIÓN (PARO Y ARRANQUE)	<i>Uso de equipo de cómputo e impresión</i>	Mg	0	1	0	0	0	0	0	0	0
		Dn	0	1	0	0	0	0	0	0	0
		Fr	0	1	0	0	0	0	0	0	0
		Sig	0	2	0	0	0	0	0	0	0
	SIGNIFICANCIA		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	<i>Desarrollo de prácticas e investigación en laboratorios y talleres escolares</i>	Mg	0	1	0	0	1	0	0	1	0
		Dn	0	1	0	0	1	0	0	1	0
		Fr	0	1	0	0	2	0	0	2	0
		Sig	0	2	0	0	4	0	0	4	0
	SIGNIFICANCIA		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	<i>Iluminación</i>	Mg	0	2	0	0	1	0	0	0	0
		Dn	0	1	0	0	1	0	0	0	0
		Fr	0	2	0	0	1	0	0	0	0
		Sig	0	6	0	0	2	0	0	0	0
SIGNIFICANCIA		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
<i>Mantenimiento de instalaciones</i>	Mg	0	1	0	0	1	0	0	1	0	
	Dn	0	1	0	0	1	0	0	1	0	
	Fr	0	1	0	0	1	0	0	1	0	
	Sig	0	2	0	0	2	0	0	2	0	
SIGNIFICANCIA		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
<i>Limpieza de instalaciones</i>	Mg	1	0	0	0	0	0	1	0	0	
	Dn	1	0	0	0	0	0	1	0	0	
	Fr	1	0	0	0	0	0	1	0	0	
	Sig	2	0	0	0	0	0	2	0	0	
SIGNIFICANCIA		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
<i>Control de fauna indeseable</i>	Mg	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
	Dn	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
	Fr	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
	Sig	0	0	0	0	0	0	0	2	0	
SIGNIFICANCIA		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
<i>Nuevos productos y/o servicios (cuando aplique)</i>	Mg	0	1	0	0	1	0	0	1	0	
	Dn	0	1	0	0	1	0	0	1	0	
	Fr	0	1	0	0	1	0	0	1	0	
	Sig	0	2	0	0	2	0	0	2	0	
SIGNIFICANCIA		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	

En la tabla 12, se muestra la matriz para identificar los aspectos ambientales significativos con referencia a la Norma ISO 14001:2015 6.1.2, basada en el documento TecNM-GA-PR-01-01. Como se puede observar, no hay ningún aspecto significativo por lo que el impacto ambiental en el uso de recursos puede ser solventado con la promoción del desarrollo sustentable en los proyectos a realizarse.

#### *4.2.2 Aspectos jurídicos*

El espacio será conocido como “*Makerspace* del TecNM campus Milpa Alta” y su objeto social será la prestación de servicios educativos enfocados al desarrollo tecnológico y promoción de la innovación a nivel superior.

##### *Naturaleza jurídica*

El 23 de julio de 2014, fue publicado en el Diario Oficial de la Federación (DOF), el Decreto Presidencial por el que se crea la institución de educación superior tecnológica más grande de nuestro país, el Tecnológico Nacional de México (TecNM). De acuerdo con el decreto citado, el TecNM se funda como un órgano desconcentrado de la Secretaría de Educación Pública, que sustituye a la unidad administrativa que se hacía cargo de coordinar este importante subsistema de educación superior.

##### *Marco normativo*

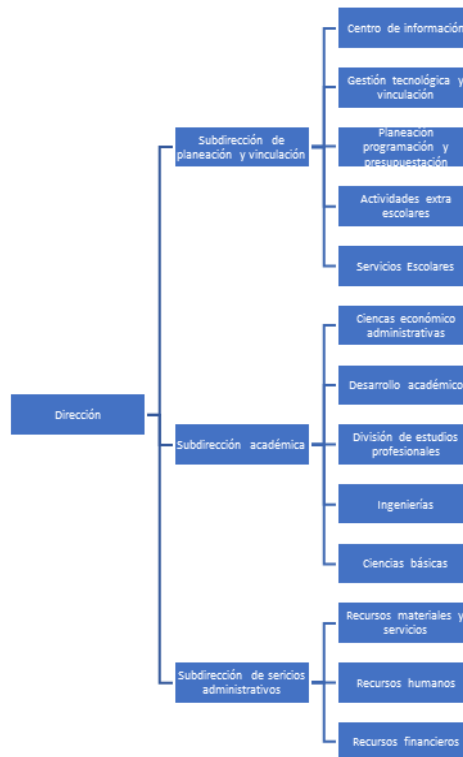
- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, última reforma publicada en el DOF el 20 de diciembre de 2019.
- Ley General de Educación, publicado en el DOF el 30 de septiembre de 2019. § Ley General de Educación Superior (en proceso de emisión). § Ley General de Ciencia, Tecnología e Innovación (en proceso de emisión). § Ley de Planeación, última reforma publicada en el DOF el 16 de febrero de 2018.
- Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024, publicado en el DOF el 12 de julio de 2019.
- Programa Sectorial de Educación 2019-2024, publicado en el DOF el 6 de julio de 2020.
- Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación 2021-2024.
- Programa Institucional 2020-2024 del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, publicado en el DOF el 23 de junio de 2020.
- Decreto que crea el Tecnológico Nacional de México, publicado en el DOF el 23 de julio de 2014.
- Manual de Organización General del TecNM, publicado en el DOF el 20 de diciembre de 2018.
- Reglamento Interior del Trabajo del Personal Docente de los Institutos Tecnológicos, emitido en noviembre de 1982.
- Reglamento Interno de Trabajo del Personal No Docente de los Institutos Tecnológicos, emitido en noviembre de 1982.
- Estrategias de austeridad, transparencia y rendición de cuentas del Tecnológico Nacional de México, emitidas en marzo de 2019.
- Transformar Nuestro Mundo: Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible de la Organización de las Naciones Unidas (Estrategia Nacional para la Implementación de la Agenda 2030 en México).

#### *4.2.3 Organización operativa*

El Tecnológico Nacional de México está constituido por 254 instituciones, de las cuales 126 son Institutos Tecnológicos Federales, 122 Institutos Tecnológicos Descentralizados, cuatro Centros Regionales de Optimización y Desarrollo de Equipo (CRODE), un Centro Interdisciplinario de Investigación y Docencia en Educación Técnica (CIIDET) y un Centro Nacional de Investigación y

Desarrollo Tecnológico (CENIDET). En estas instituciones, el TecNM atiende a una población escolar de más de 600 mil estudiantes en licenciatura y posgrado en todo el territorio nacional, incluida la Ciudad de México.

El TecNM campus Milpa Alta cuenta con una organización interna representada en la siguiente figura.



**Figura 39. Organigrama del TecNM campus Milpa Alta.**  
Fuente: (TecNM, 2021).

En este organigrama, es necesario agregar a un Operador de *Makerspace* para realizar las actividades relacionadas con el espacio creativo.

El Operador de *Makerspace* será la persona responsable de las actividades que se realizarán dentro del espacio; dependerá directamente de la subdirección académica, ya que las actividades se centran en el aprendizaje y trabajo colaborativo. A continuación, se realiza la descripción detallada de sus funciones.

Puesto	Operador de <i>Makerspace</i>
Reporta a	Subdirección Académica
Objetivo	Realizar de manera oportuna, un diagnóstico eficaz y certero todas aquellas acciones preventivas y correctivas que garanticen el correcto funcionamiento de los equipos y servicios asignados de acuerdo con su especialidad.
Funciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gestionar con el área de recursos materiales las autorizaciones de recursos y materiales requeridos para el servicio ofrecido.</li> <li>• Mantener la herramienta de trabajo en buena presentación y condiciones, para dar un buen servicio al usuario.</li> <li>• Atender al usuario de manera amable.</li> <li>• Mediante su experiencia y profesionalismo realizar el diagnóstico certero y el soporte preventivo o correctivo de manera precisa, que permita el correcto funcionamiento de los equipos.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ejecutar los trabajos durante el soporte a los equipos de manera limpia y ordenada.</li> <li>• Reportar los trabajos realizados mediante la elaboración del reporte técnico.</li> <li>• Portar adecuadamente el equipo de seguridad durante la realización de los trabajos.</li> <li>• Dar cumplimiento a las disposiciones reglamentarias aplicables en materia de gestión de calidad, medio ambiente y seguridad y salud en el trabajo.</li> <li>• Impartir talleres sobre el uso de las tecnologías de impresión 3D, corte láser, CNC, etc.</li> <li>• Brindar asesoría técnica a los usuarios sobre el uso de los equipos y medidas de seguridad necesarias.</li> </ul>
<b>Perfil del puesto</b>	<p>Edad: 18 años en adelante  Estado civil: indistinto  Sexo: indistinto  Escolaridad mínima: especialidad técnica, carrera trunca o afín.  Experiencia previa: Deseable en corte láser, impresión 3D, CNC, corte de vinil.</p>
<b>Conocimientos generales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conocimiento técnico y de mantenimiento</li> <li>• Capacidad de diagnóstico y aplicación de medidas correctivas y preventivas</li> <li>• Lectura y escritura</li> <li>• Seguridad en el trabajo</li> <li>• Habilidades técnicas</li> <li>• Análisis de problemas</li> <li>• Actitud de servicio</li> <li>• Habilidad de comunicación</li> <li>• Trabajo en equipo</li> </ul>

**Tabla 13. Descripción de puesto Operador de *Makerspace*.**  
Fuente: Elaboración propia.

Como empleado, las prestaciones de ley son las siguientes:

1. 15 días de aguinaldo mínimo, pagaderos en diciembre.
2. 6 días de vacaciones al año y 25% de sobresueldo como prima vacacional, cada año adicional de servicio se agregan 2 días adicionales, hasta llegar a 12.
3. Alta en el IMSS; la cuota patronal depende del sueldo.
4. Si trabaja el domingo, deberá recibir 25% más del salario base.
5. Descanso dominical.
6. Licencia por maternidad (12 semanas) o por adopción (6 semanas).
7. Licencia de paternidad (5 días laborales).
8. Periodo de lactancia, dos descansos extraordinarios por día de media hora cada uno para alimentar a sus hijos.
9. Prima de antigüedad, al separarse de la empresa, siempre que haya trabajado más de 15 años, pago adicional de 12 días de salario por cada año de servicio, o la parte proporcional del último año.
10. Utilidades —parte de las ganancias de la empresa— pagaderas del 1 de abril al 30 de mayo.
11. Al renunciar, salario del periodo que corre, aguinaldo, vacaciones, prima vacacional, utilidades, prima de antigüedad por 15 años o más se otorgarán al trabajador que da voluntariamente terminada su relación de trabajo.
12. En el despido, recibir indemnización constitucional (pago de tres meses de salario, aguinaldo, vacaciones, prima vacacional, utilidades, prima de antigüedad) y en caso de que demande reinstalación a su puesto de trabajo, y su patrón se la niegue, además de los conceptos aludidos, percibirá 20 días de salario por año de servicios prestados, más salarios vencidos.

Para el cálculo de esta sección, sólo se toman los tres primeros incisos, que son los determinantes para el análisis del sueldo promedio anual de los empleados.

SUELDO	NÚM. DE EMPLEADOS	SUELDO MENSUAL	CUOTA PATRONAL MENSUAL	PRESTACIONES ANUAL	SUELDO ANUAL
OPERADOR DE MAKERSPACE	1	\$10,000.00	\$1,645	\$5,500	\$145,238.00
IVA					\$23,238.00
TOTAL					<b>\$168,476.00</b>

Tabla 14. Sueldo del personal requerido.

Fuente: Elaboración propia.

Las actividades de apoyo dentro del *Makerspace* pueden ser realizadas por prestadores de servicio social o residencia profesional, estudiantes de cualquier semestre entusiastas del movimiento hacedor que pueden impartir talleres sobre impresión 3D, corte láser, router CNC, etc.

#### 4.2.4 Organización durante la gestión

En el estudio financiero, se calcula la inversión necesaria para cubrir el primer ciclo de operación. La siguiente tabla presenta cifras anuales para este primer ciclo.

Concepto	Monto
Mobiliario y equipo	\$177,480.00
Sueldos	\$168,476.00
<b>Total</b>	<b>\$345,956.00</b>

Tabla 15. Inversión inicial.

Fuente: Elaboración propia.

Fuentes de financiamiento. En un principio el financiamiento será a cargo del TecNM campus Milpa Alta, con la posibilidad de recibir donaciones y apoyo del gobierno local, así como de la participación en proyectos para bajar recursos públicos de nivel federal o de empresas privadas.

#### 4.2.5 Organización para la ejecución

Inicialmente no se requiere ningún tipo de construcción y la adecuación necesaria a la infraestructura física del plantel es mínima, por lo que la ejecución puede ser supervisada por el mismo operador del *Makerspace* u otro miembro de la organización asignado para tal actividad.

### 4.3 Estudio técnico

El presente estudio tiene como objetivo proveer la información necesaria para cuantificar el monto de las inversiones y los costos de operación de un *Makerspace* en el TecNM campus Milpa Alta, partiendo de información proveniente del estudio de mercado presentado anteriormente.

#### 4.3.1 Marco de referencia

Con el objetivo de cuantificar las inversiones y los costos de operación del proyecto, se parte inicialmente del proceso de elaboración y el balanceo de los equipos que conforman el proceso productivo. Uno de los resultados de este estudio será determinar la función de producción que optimice la utilización de los recursos disponibles para la producción del servicio educativo *Makerspace*. De aquí se obtendrá lo siguiente:

1. La información de las necesidades de capital, mano de obra y recursos materiales, tanto para el período de puesta en marcha como de explotación del proyecto.
2. Las necesidades de equipo y maquinaria.
3. Los requerimientos de personal y su movilidad.
4. Los requerimientos de adecuación a la infraestructura.
5. La descripción del proceso productivo.
6. Las materias primas y demás insumos que demandará el proceso.

El tamaño del proyecto es uno de los aspectos más importantes a evaluar en este estudio. Como se observó en el análisis de la demanda, no hay restricciones en este aspecto, pues el servicio está dirigido a un consumidor institucional. Sin embargo, como se podrá observar a lo largo del Estudio Técnico, las restricciones más importantes del proyecto estarán condicionadas por el tamaño del proyecto y el espacio disponible.

En el presente estudio, se considera el espacio disponible y la infraestructura que se necesita para abrir un espacio *Makerspace* en las instalaciones ya existentes del plantel.

### 4.3.2 Localización

#### *Macro localización*

El TecNM campus Milpa Alta se ubica en Independencia Sur No. 36, Colonia San Salvador Cuauhtenco, Alcaldía Milpa Alta, C.P. 12300, Ciudad de México.

La Alcaldía Milpa Alta se localiza en la zona sur de la Ciudad de México. Es la segunda demarcación más grande de la Ciudad de México, pues cuenta con una extensión territorial de 288.13 km<sup>2</sup>. En cuanto a los límites territoriales: al poniente, colinda con Tlalpan; al sur, con el Estado de Morelos y al oriente, con el Estado de México.

Según datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía, tiene una población de 137,927 habitantes. De ellos, 67,151 (48.7%) son hombres y 70,776 (51.3%) son mujeres; ocupando el 1.5% de la población total de la Ciudad de México.

Actualmente, la población juvenil y adulta (15 a 64 años) ocupa el primer lugar de la demarcación con 93,020 habitantes, Además, es orgullosamente indígena, pues 4.1% de la población habla alguna lengua indígena, rubro en el que ocupa el primer lugar en la ciudad de México.

Milpa Alta se especializa en el cultivo y transformación del nopal, uno de los principales productos que los habitantes de esta demarcación comercializan con el resto de los capitalinos; más de 80% de este tradicional alimento procede de esta demarcación y es consumido por la capital del país, junto con 90% del mole, que también proviene de esta alcaldía.

#### *Micro localización*

San Salvador Cuauhtenco está situado en la Alcaldía de Milpa Alta, en la Ciudad de México, a 2748 metros de altitud. Cuenta con 13,856 habitantes, de los cuales 6,857 son hombres y 6,999 mujeres. 6.28% de la población es indígena, y 2.14% de los habitantes habla una lengua diferente del español.

Se cree que fue fundado en el primer tercio del siglo XVI en la parte baja del Chichinautzin. A finales del mismo siglo, recibe el nombre de San Salvador y terminó de construirse a finales de 1700. San Salvador Cuauhtenco no aparece en el mapa de 1870 como parte de la demarcación de Milpa Alta.





**Figura 40: Vista satelital del pueblo de San Salvador Cuauhtenco, Milpa Alta.**  
**Fuente: INEGI.**

La zona geográfica cuenta con servicios públicos de agua potable, alcantarillado y energía eléctrica y dispone de la infraestructura básica para el funcionamiento de la Institución de Educación Superior (IES). La IES está ubicada cerca de áreas culturales, deportivas y recreativas, y lejos de zonas de contaminación ambiental, física y moral. El acceso principal a esta zona rural son calles de poco tránsito y baja velocidad. Su ubicación la preserva de riesgos de inundación y deslaves. Su suelo presenta una buena calidad de cimentación.



**Figura 41. TecNM campus Milpa Alta.**  
**Fuente: Google Maps.**

#### 4.3.3 Normatividad vigente

Como parte de sus atribuciones, el TecNM establece las estrategias necesarias para robustecer su infraestructura educativa, fortalecer a su personal académico y a su equipamiento científico, así como para modernizar sus instalaciones.

Con fundamento en el artículo 3º del decreto del TecNM, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 23 de julio de 2014, el Manual de Lineamientos Académico-Administrativos del Tecnológico Nacional de México formula y establece las disposiciones técnicas y administrativas para la organización, operación, desarrollo, supervisión y evaluación de la educación superior tecnológica que se realice en los institutos, unidades y centros adscritos.

El Artículo 2º, fracciones V y VIII, señala que el TecNM; tiene por objeto ofrecer la más amplia cobertura educativa, que asegure la igualdad de oportunidades para estudiantes en localidades aisladas y zonas urbanas marginadas. Lo anterior tiene el propósito de impulsar la equidad, la perspectiva de género, la inclusión, la diversidad, así como propiciar el desarrollo y la utilización de Tecnologías de Información y Comunicación en los institutos en el sistema educativo nacional, para

apoyar el aprendizaje de los estudiantes, ampliar sus competencias para la vida y favorecer su inserción en la sociedad del conocimiento.

En función de lo anterior, no es necesario ningún permiso para la adecuación de los espacios físicos dentro de las instalaciones.

#### 4.3.4 Proceso de producción

El diseño e implementación de un espacio *Makerspace* en el TecNM campus Milpa Alta tiene como objetivo crear un ambiente de enseñanza-aprendizaje basado en metodologías DIY. La razón es que éstas promueven la creatividad y la motivación por aprender e incorporar las tecnologías ligadas a la programación, la impresión 3D, pantalla verde, codificación, *stop motion*, *story telling*, página *web* y gamificación; también favorecen el manejo de máquinas y herramientas que representan soluciones de bajo costo para materializar resultados de investigación, crear productos necesarios para elaborar programas sencillos de proyectos de robótica y para promover las transferencias académicas de otras instituciones públicas o privadas, además de fomentar el trabajo colaborativo para desarrollar una cultura de innovación y desarrollo tecnológico.

A continuación, se presenta el proyecto *Makerspace* como un sistema que tiene una caja negra en donde se realizan los procesos de producción y transformación:



Figura 42. Modelo de caja negra de un *Makerspace*.  
Fuente: Elaboración propia.

El proceso de producción gira en torno al trabajo colaborativo, donde se utilizan nuevas tecnologías para promover la creatividad e innovación con un enfoque sustentable.

#### 4.3.5 Tamaño del proyecto

Se plantea crear un espacio *Makerspace* en el TecNM campus Milpa Alta, de San Salvador Cuauhtenco, en un aula ubicada en la planta baja de la institución. Además de estar disponible, reúne todas las características necesarias de las normas 4.2 no curriculares y 5.2 zonas (normas y

especificaciones para estudios, proyectos, construcción e instalaciones) del Instituto Nacional de la Infraestructura Física Educativa (Inifed).

El aula cuenta con las siguientes medidas: 6.05 m de ancho, 7.24 m de largo y 2.75 m de altura; cuenta con una puerta de 0.90 m ancho x 2.10 m de altura, y 2 ventanas, de las cuales la primera mide 7.24 m de ancho x 1.20 m de altura y la segunda, 4.82 m de ancho x 1.20 m de altura; además, un pizarrón de 5 m de ancho x 1.5 m de altura. El espacio tiene la capacidad de albergar hasta 40 estudiantes, pues el índice de área seleccionada es de 1.25 m<sup>2</sup>/alumno.

**Tabla No.4.4 Requisitos dimensionales mínimos**

EDUCACIÓN SUPERIOR			TERRENO					
MODALIDAD	NÚMERO DE ALUMNOS	NÚMERO DE PISOS	SUPERFICIE (M <sup>2</sup> /ALUMNO)			DIMENSIONES (M)		SUPERFICIE TOTAL (M <sup>2</sup> )
			CONSTRUIDA	LIBRE	TOTAL	FRENTE	FONDO	
<b>Normal</b>	400	1	6.40	13.10	19.50	68.00	114.00	7,800.00
<b>Universidad Pedagógica Nacional</b>	400	1 y 2	4.30	9.70	14.00	80.00	71.00	5,600.00
<b>Universidades Tecnológicas</b>	2,000	1 y 2	9.00	68.25	75.00	250.00	600.00	15.00 Ha
<b>Institutos Tecnológicos y Universidades Politécnicas</b>	3,000	1 y 2	5.50	64.25	66.66	300.00	650.00	20.00 Ha

**Tabla 16. Requisitos dimensionales mínimos.**  
Fuente: INIFED.

Siguiendo las especificaciones requeridas para cumplir los lineamientos mencionados por el Inifed, la siguiente tabla muestra los resultados obtenidos para la distribución de cada una de las áreas ocupadas.

Tipo de espacio	#Espacios	Área total
Pantalla verde	1	0.2 m <sup>2</sup>
Codificación y gamificación	1	4 m <sup>2</sup>
Stop motion	1	4 m <sup>2</sup>
Story telling	1	4 m <sup>2</sup>
Página Web	1	0
Impresión 3D	1	4 m <sup>2</sup>
CNC router	1	4 m <sup>2</sup>
Raspberry Pi	1	4 m <sup>2</sup>
Arduino	1	4 m <sup>2</sup>
Aula Maker	1	15.6 m <sup>2</sup>
<b>Total de espacios</b>	<b>1</b>	<b>43.80 m<sup>2</sup></b>
<b>Área cubierta</b>		<b>43.80 m<sup>2</sup></b>

**Tabla 17. Tipo de espacios.**  
Fuente: Elaboración propia.

#### 4.3.6 Ingeniería del proyecto

Se considerará un aula *Makerspace*, donde se impartirán talleres de aprendizaje y elaboración de proyecto que conduzcan a la innovación y desarrollo tecnológico de los siguientes campos disciplinarios: Ingeniería Bioquímica, Ingeniería en Gestión Empresarial e Ingeniería en Sistemas Computacionales.

El aula *Makerspace* estará distribuida de la siguiente manera:

1. *Área de cómputo e impresión de 3D*: Podrán albergar hasta cuatro personas, pues tendrá dos equipos de cómputo y dos impresoras 3D.
2. *Área de aprendizaje*: Será un espacio de reunión para los alumnos; habrá dos mesas de 6 sillas y servirá para que tanto alumnos como profesores compartan sus ideas y aprendan a utilizar las herramientas que habrá en el *Makerspace*.
3. *Área de trabajo*: Aquí, las ideas que se pensaron y desarrollaron en el área anterior se harán realidad; en esta área, los alumnos podrán llevar a cabo proyectos como robótica, electricidad y carpintería, con las diferentes herramientas que contendrá el aula.
4. *Herramientas*: Aquí se ubicarán todas las herramientas que tanto estudiantes como profesores podrán utilizar; habrá *kits* para robots, desarmadores, pinzas, llaves, entre otras.
5. *Almacenamiento y lavado*: En esta parte, podrán guardar los proyectos que se realizaron; se guardarán las mochilas.
6. *Área de cortado*: Será un espacio especial para que los alumnos puedan cortar materiales como madera para realizar sus proyectos.

Para obtener la vista del espacio del *Makerspace* en dos dimensiones, se utilizó *AutoCAD*. Fue realizada por el egresado Solano Acevedo Oscar Eduardo, como parte de su Proyecto de Residencia Profesional; también fue él quien elaboró el diseño tridimensional, utilizando *SketchUp*, lo que permitió obtener una vista más clara y precisa de lo que se pretende alcanzar en el proyecto del *Makerspace*.

De manera previa, se buscaron y evaluaron los diferentes programas que podrían ocuparse para la creación del modelo que se muestra en este proyecto; al final, se concluyó que *AutoCAD* y *SketchUp* eran los idóneos, pues con las habilidades obtenidas por el egresado, podría aprender a utilizarlos de forma autodidacta.

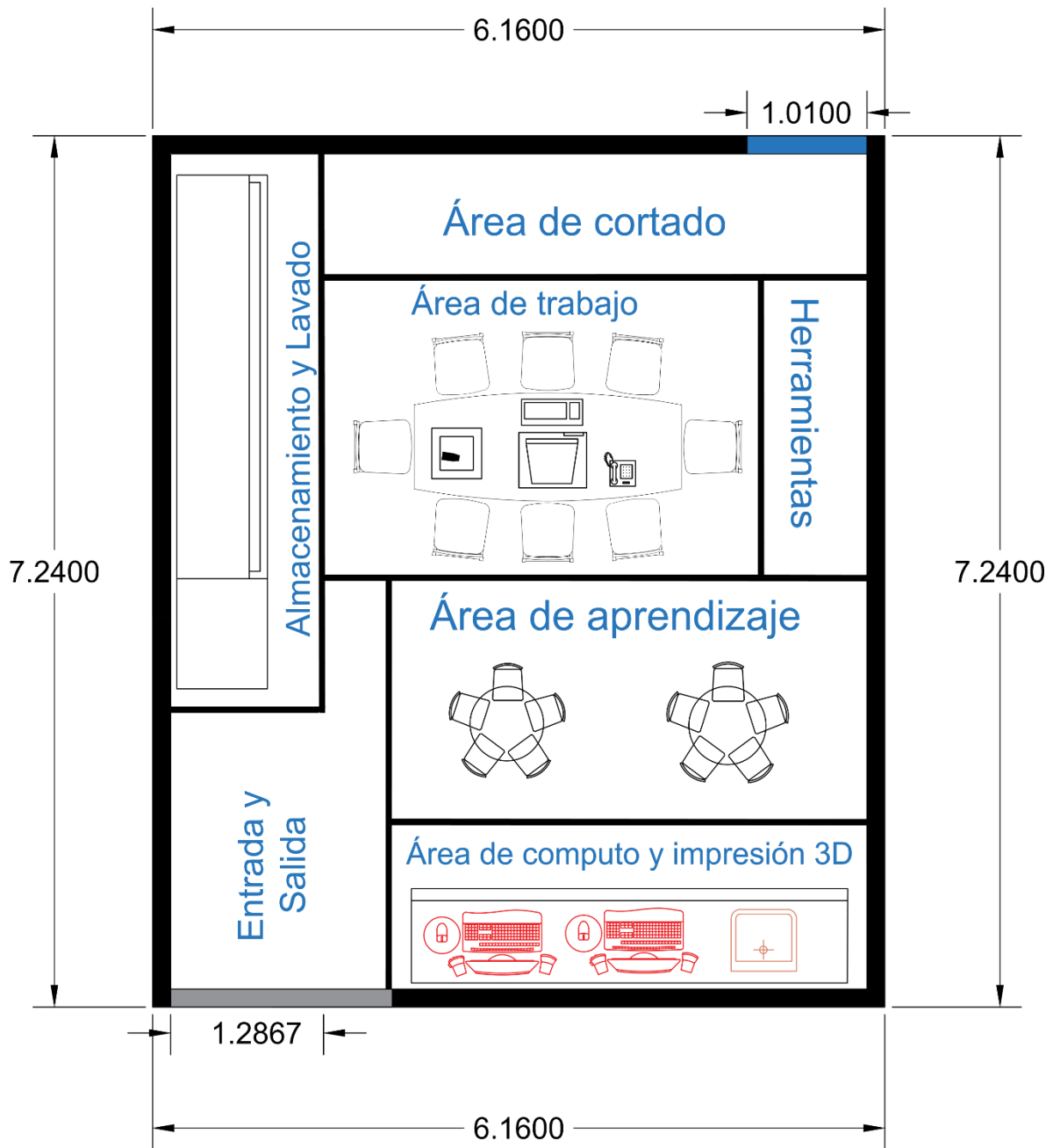
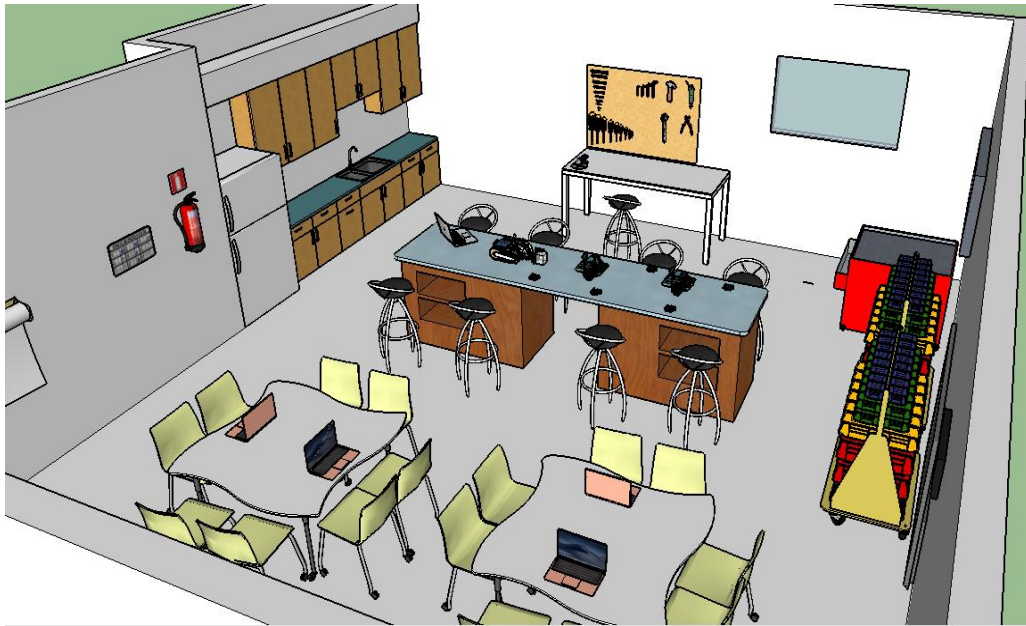
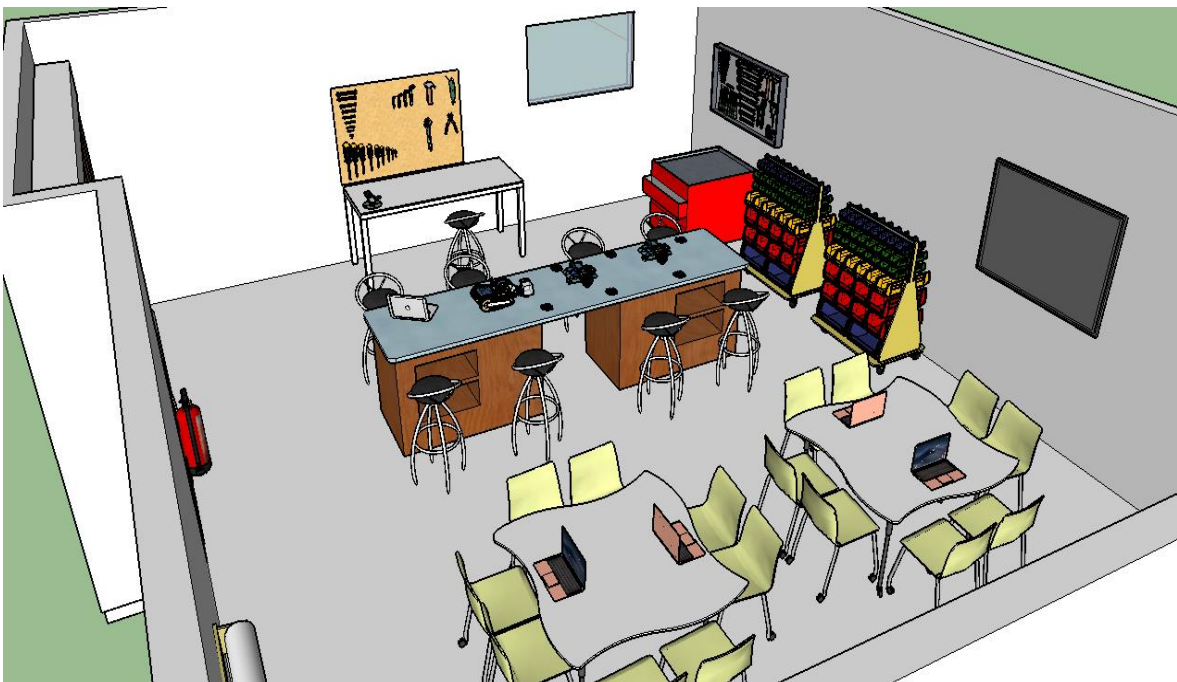


Figura 43. Distribución de planta del *Makerspace*.  
Fuente: Elaborado por Oscar Eduardo Solano Acevedo.





**Figura 44. Vista del Makerspace.**  
Fuente: Elaborado por Oscar Eduardo Solano Acevedo.



**Figura 45. Vista del Makerspace.**  
Fuente: Elaborado por Oscar Eduardo Solano Acevedo.

#### 4.3.7 Monto de inversión

Los gastos de puesta en marcha forman parte del conjunto de gastos que deberán realizarse en la etapa de inversión, es decir, del conjunto de desembolsos necesarios para transformar la idea de proyecto en un proyecto real, por sobre las inversiones en activos tangibles (Sapag Chain *et al.*, 2014).

En la elaboración de la tabla 15 de la sección 4.2.4, que lleva por título “Organización”, se consideró el monto de inversión inicial de \$345,956.00. En el estudio financiero se desglosa el programa de inversión para la puesta en marcha y operación del *Makerspace*.

### 4.4 Estudio financiero

En esta etapa se ordena y sistematiza la información de carácter monetario que obtuvo en las etapas anteriores; con ella, se elaboran cuadros analíticos y datos adicionales para evaluar el proyecto y estudiar los antecedentes que permiten determinar su rentabilidad (Sapag Chain *et al.*, 2014).

#### 4.4.1 Consideraciones y supuestos

Los elementos que se consideraron para el análisis fueron los siguientes:

- Precios nominales
- Evaluación sin IVA
- Inflación proyectada anual: 3.5%
- Incremento salarial anual: 3.5%
- Tasa de descuento real: 12.46%

#### 4.4.2 Ingresos y egresos

Los ingresos proyectados se obtuvieron a partir del estudio de mercado, donde se tomaron en cuenta los siguientes aspectos:

1. El proyecto consiste en la apertura de un *Makerspace* dentro de las instalaciones del campus Milpa Alta del TecNM; dicho espacio permitirá el uso de nuevas tecnologías dentro del proceso educativo del plantel.
2. En relación con su uso, el *Makerspace* es un servicio de consumo final.
3. La apertura de un *Makerspace* captará la atención de la población estudiantil, de la cual, según los resultados de la encuesta realizada, 50% de los estudiantes se interesa por aprender a utilizar sus recursos.
4. Este proyecto está dirigido al consumidor institucional, quien toma en cuenta las ventajas que ofrece este servicio frente a otras opciones. La segmentación de mercado está en función del interés por el uso de herramientas tecnológicas en forma presencial.
5. Todos los servicios ofrecidos por el *Makerspace* serán gratuitos: el uso del espacio, el préstamo de herramientas, la asesoría técnica, la impresión 3D, entre otros.

Los egresos se dividen en dos grandes grupos: Costos de Operación y Mantenimiento (O&M) y Gastos Generales de Administración y Ventas.

#### Costos de operación y mantenimiento (O&M)

Incluyen los sueldos del personal, los costos de los servicios públicos y los de mantenimiento. Se contempló 1% anual sobre el costo de inversión, que incluye la adecuación del espacio y el mobiliario, por lo cual el costo de O&M incluye no sólo el mantenimiento mayor del activo fijo, sino también el del mobiliario.

### Costos fijos

Los costos fijos corresponden a los sueldos del personal; en el caso de esta propuesta, sería el de una sola persona, quien fungirá como Operador de *Makerspace*; también fue calculado en la tabla 14 de este documento.

### Costos variables

Dependen del número de estudiantes que utilicen los servicios de impresión 3D, corte láser y CNC, por lo que este rubro contempla los gastos de los consumibles requeridos por las tecnologías a utilizar.

SERVICIOS	CANT	PRECIO UNIT	SUBTOTAL	IVA	TOTAL
Filamento pla	4	\$500	\$2,000	\$320	\$2,320
Brocas de desbaste	4	\$500	\$2,000	\$320	\$2,320
Tubo láser	1	\$5,000	\$5,000	\$800	\$5,800
<b>SUBTOTAL</b>	<b>25</b>	<b>\$6,000</b>	<b>\$17,000</b>	<b>\$2,720</b>	<b>\$10,440</b>

**Tabla 18. Costo anual de los servicios.**  
Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se presenta la proyección de los costos de operación dividido en costos fijos y variables a precios reales de noviembre de 2021:

Años	Número de usuarios	Número de servicios	Costos Fijos	Costos variables
1	200	80	\$127,144.81	\$10,440.00
2	200	100	\$131,594.88	\$10,805.40
3	200	100	\$136,200.70	\$11,183.59
4	200	100	\$140,967.72	\$11,575.01
5	200	100	\$145,901.59	\$11,980.14
6	200	100	\$151,008.15	\$12,399.45
7	200	100	\$156,293.43	\$12,833.43
8	200	100	\$161,763.71	\$13,282.60
9	200	100	\$167,425.43	\$13,747.49
10	200	100	\$173,285.33	\$14,228.65

**Tabla 19. Costos fijos y variables.**  
Fuente: Elaboración propia.

### Gastos Generales de Administración y Ventas (GGAV)

Contemplan los siguientes gastos:

MÁRKETING Y VENTAS	Cantidad	Costo Unitario	IVA	TOTAL
Papelería	1	\$2,017	\$322	\$2,340
Limpieza	1	\$1,303	\$208	\$1,510
<b>SUBTOTAL</b>	<b>1</b>	<b>\$3,320</b>	<b>\$530</b>	<b>\$3,850</b>

**Tabla 20. Marketing y ventas.**  
Fuente: Elaboración propia.



Años	TOTAL O&M	TOTAL GGAV
0	\$0	\$0
1	\$137,584.81	\$3,850.00
2	\$143,078.88	\$3,984.75
3	\$148,833.10	\$4,124.22
4	\$154,863.36	\$4,268.56
5	\$161,186.80	\$4,417.96
6	\$167,821.87	\$4,572.59
7	\$174,788.53	\$4,732.63
8	\$182,108.31	\$4,898.28
9	\$189,804.50	\$5,069.70
10	\$197,902.30	\$5,247.15

**Tabla 21. Egresos anuales.**  
Fuente: Elaboración propia.

#### 4.4.3 Capital de trabajo

El capital de trabajo está sujeto al número de estudiantes que utilicen los servicios. La difusión de las actividades y promoción del *Makerspace* se considera parte de las funciones que ya realiza el TecNM campus Milpa Alta; no generan un gasto adicional.

PAPELERÍA INICIO	CANT	PRECIO UNIT	PRECIO	IVA	TOTAL
Hojas blancas paquete c/100 hojas	1	\$80	\$80	\$13	\$93
Clip Acco estándar n1 1 paquetes con 100 piezas	2	\$30	\$60	\$10	\$70
Engrapadora Bostitch metálica tira completa	1	\$95	\$95	\$15	\$110
1 caja de grapas	1	\$30	\$30	\$5	\$35
Post-it minicubo 2x2 neon 400 hojas	3	\$40	\$120	\$19	\$139
Plumones	1	\$179	\$179	\$29	\$208
Blizter 4 plumones para pintarrones	1	\$100	\$100	\$16	\$116
Borrador para pizarrón Alfra económico (amarillo)	2	\$15	\$30	\$5	\$35
Pluma bic punto fino negro caja/12	1	\$45	\$45	\$7	\$52
Lápiz de grafito 3 Mirado paquete de 12 piezas	1	\$55	\$55	\$9	\$64
Bolsa de gomas m8	1	\$13	\$13	\$2	\$15
Marcatextos mini punta cincel con 6 piezas	1	\$39	\$39	\$6	\$45
Regla de aluminio Office Depot 30 cm	1	\$20	\$20	\$3	\$23
Tijera escolar Barrilito	2	\$20	\$40	\$6	\$46
Corrector líquido Bic, base agua, pieza	1	\$13	\$13	\$2	\$15
Quitagrapas Office Depot	1	\$15	\$15	\$2	\$17
Cinta adhesiva Scotch 810 mágica 18mm x 33m	1	\$30	\$30	\$5	\$35
Sacapuntas de plástico Vivo Maped paq/3	2	\$19	\$38	\$6	\$44
Lápiz adhesivo Pritt 40g + lápiz adh 20 g	2	\$62	\$124	\$20	\$144
Protectores de hojas Office Depot (carta, 200 pzas.)	2	\$143	\$286	\$46	\$332
Perforadora Maped hasta 35 hojas	1	\$155	\$155	\$25	\$180
Carpeta arillo redondo Office Depot (blanco, carta, 2 pza.)	3	\$150	\$450	\$72	\$522
<b>Subtotal</b>	<b>32</b>	<b>\$1,348</b>	<b>\$2,017</b>	<b>\$323</b>	<b>\$2,340</b>

**Tabla 22. Papelería.**  
Fuente: Elaboración propia.

Papelería inicio	Cant.	Precio unit.	Precio	IVA	Total
Limpiador aromatizante Poet multifragancias 9 pzas. de 900 ml	1	\$90	\$90	\$14	\$104
Aromatizante en aerosol Glade 5 en 1, 3 pzas. 400 ml	1	\$105	\$105	\$17	\$122
Trapeador Liber Magitel industrial	1	\$50	\$50	\$8	\$58
Escoba angular 4 en pvc, entrada roscada de ¾	1	\$55	\$55	\$9	\$64
3m Scotch Brite recogedor con mango blanco	1	\$40	\$40	\$6	\$46
Gel antibacterial, galón Blumen	1	\$230	\$230	\$37	\$267
Paño secatodo, one pack	1	\$15	\$15	\$2	\$17
Bote de basura Sablon chico negro	1	\$59	\$59	\$9	\$68
Despachador de toalla interdoblada (Sanitas) marca Tork	1	\$399	\$399	\$64	\$463
Señal para piso letrero Mojado Rubbermaid	1	\$259	\$259	\$41	\$300
<b>SUBTOTAL</b>	<b>10</b>	<b>\$1,302</b>	<b>\$1,302</b>	<b>\$208</b>	<b>\$1,510</b>

**Tabla 23. Material de limpieza.**

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.4.4 Inversiones

El programa de inversión incluye los conceptos de material y costo de fabricación de las mesas de trabajo necesarias para la adecuación del espacio *Makerspace*. Esta inversión se realizará durante el primer ciclo de trabajo.

	CANT	PRECIO UNIT	PRECIO	IVA	TOTAL
Hoja Mdf	3	\$ 700.00	\$ 2,100.00	\$ 336.00	\$ 2,436.00
Herrería	3	\$ 500.00	\$ 1,500.00	\$ 240.00	\$ 1,740.00
Panel Perfocel	3	\$ 600.00	\$ 1,800.00	\$ 288.00	\$ 2,088.00
Ganchos P/Mdf	1	\$ 1,000.00	\$ 1,000.00	\$ 160.00	\$ 1,160.00
Herramientas Trupper	1	\$ 30,000.00	\$ 30,000.00	\$ 4,800.00	\$ 34,800.00
Estación para soldar	2	\$ 1,000.00	\$ 2,000.00	\$ 320.00	\$ 2,320.00
Gabinete para componentes	3	\$ 1,200.00	\$ 3,600.00	\$ 576.00	\$ 4,176.00
Cortadora láser	1	\$ 60,000.00	\$ 60,000.00	\$ 9,600.00	\$ 69,600.00
Retrograbado para cilindro	1	\$ 16,000.00	\$ 16,000.00	\$ 2,560.00	\$ 18,560.00
Cortadora de vinil	1	\$ 25,000.00	\$ 25,000.00	\$ 4,000.00	\$ 29,000.00
Impresora 3D	1	\$ 10,000.00	\$ 10,000.00	\$ 1,600.00	\$ 11,600.00
<b>SUBTOTAL</b>	<b>20</b>	<b>\$146,000.00</b>	<b>\$153,000.00</b>	<b>\$24,480.00</b>	<b>\$ 177,480.00</b>

**Tabla 24. Inversión para el primer ciclo de trabajo.**

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.4.5 Depreciación

La Ley del Impuesto Sobre la Renta publicada en el DOF el 11 de diciembre de 2013 que tuvo como última reforma la publicación DOF 30-11-2016 y específicamente el artículo 34, establece los porcentajes anuales a depreciar de acuerdo con la naturaleza de los activos fijos. De ahí se tomaron los valores por depreciar anualmente.

LEY ISR		MONTOS POR DEPRECIAR	
30% anual	Cómputo	\$48,720.00	
10% anual	Mobiliario	\$306,240.00	

Tabla 25. Depreciación. Fuente: Elaboración propia.

#### 4.4.6 Tasa de descuento

Para su cálculo, se utilizó el modelo de fijación de precios activo de capital (CAMP), que toma en cuenta la sensibilidad del activo al riesgo no-diversificable —también conocido como *riesgo del mercado* o *riesgo sistémico*—, representado por la letra beta ( $\beta$ ), así como también el retorno esperado del mercado y el esperado de un activo libre de riesgo, está representado por:

$$\text{CAPM} = R_f + \beta(R_m - R_f)$$

Donde;

$R_f$  = Retorno esperado del activo libre de riesgo

$R_m$  = Retorno esperado del mercado

$\beta$  = Riesgo del mercado o riesgo sistémico

de acuerdo con A. Damodar,<sup>4</sup> la  $\beta$  para el sector educación es de 1.15, por lo que la tasa de descuento es de:

$$\text{CAMP}_{\text{REAL}} = 1.37\% + 1.15 \cdot 9.64\% = \mathbf{12.46\%}$$

#### 4.4.7 Flujos

Los estudios de mercado, técnico, organizacional y financiero proporcionan la información básica para realizar la proyección del flujo de caja (Sapag Chain *et al.*, 2014). Debido a la naturaleza del proyecto, no existe flujo de caja para la operación del *Makerspace*.

#### 4.4.8 Indicadores

La normativa mexicana considera dos tipos de evaluación socioeconómica de proyectos:

1. Análisis Costo-Beneficio (ACB)
2. Análisis Costo-Eficiencia (ACE)

En el ACB, se determina la rentabilidad del proyecto con base en sus propios atributos, es decir, el proyecto por sí mismo es o no conveniente.

El ACE se realiza para proyectos donde es posible identificar, cuantificar y valorar los costos y sólo identificar y cuantificar los beneficios del proyecto; esto significa que es imposible, complejo o muy costoso valorar los beneficios (Morin, 2018).

Para este caso, se utiliza un ACE debido a que es muy complejo valorar los beneficios de un *Makerspace*.

Valor Actual de los Costos (VAC)

<sup>4</sup> [http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New\\_Home\\_Page/datafile/Betas.html](http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/Betas.html)

Este indicador se utiliza en proyectos evaluados bajo el esquema de ACE, es decir, en evaluaciones donde no es posible la valoración de los beneficios del proyecto. Será relevante sólo para la comparación entre proyectos que representan alternativas de solución a una problemática específica, que generan los mismos beneficios y que tienen vidas útiles similares (Morin, 2018).

$$VAC = I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{C_t + CI_t + e^-}{(1 + d^*)^t}$$

Donde:

I = Inversión

C<sub>t</sub> = Costos directos

CI<sub>t</sub> = Costos indirectos

e<sup>-</sup> = Externalidades negativas

d\* = Tasa Social de Descuento

t = Unidad de tiempo

$$VAC = \$1, 454, 697.49$$

Durante 2021, el monto de egresos del TecNM campus Milpa Alta fue de \$5,595,242.72, por lo que el VAC del *Makerspace* equivale a 26% del egreso anual.

## 4.5 Estudio económico

Un estudio económico completo se realiza tomando en consideración a toda la colectividad. Un proyecto debe evaluarse en términos de conveniencia de tal manera que ofrezca la mejor solución para la asignación de recursos escasos a la alternativa de solución más eficiente y viable (Sapag Chain *et al.*, 2014).

A continuación, se toma el análisis realizado en los estudios de mercado, organizacional, técnico y financiero, sumado al análisis de los aspectos sociales que implican la realización o no del proyecto *Makerspace*.

### 4.5.1 Evaluación social

La evaluación social pretende determinar los costos y beneficios pertinentes del proyecto para la comunidad; compara la situación actual con la situación con proyecto; para ello, se cuantifican y comparan las externalidades positivas con las externalidades negativas, además de otros factores que podrían influir en la toma de decisión (Sapag Chain *et al.*, 2014).

Las externalidades positivas son beneficios que se generan en mercados diferentes del directamente relacionado con el proyecto y que no son reflejados en una transacción económica; estos beneficios también podrían cuantificarse y valorarse (Morin, 2018).

En la siguiente tabla, se establece una comparación con y sin el proyecto, considerando las externalidades positivas y negativas. Esta comparativa permite contrastar la situación actual con la que se presentaría si el proyecto se llevara a cabo.

Externalidades positivas	Sin <i>Makerspace</i>		Con <i>Makerspace</i>	
	Docentes	Estudiantes	Docentes	Estudiantes
<b>Desarrollo de proyectos e investigación</b>	Se diseñan sobre todo para proyectos de residencias profesionales.	Participan en los eventos institucionales como Innovatec	Pueden realizar prototipos, modelos o simulaciones de los proyectos.	Pueden realizar prototipos, modelos o simulaciones de los proyectos. Tienen acceso libre a la fabricación de artefactos, prototipos para sus proyectos escolares o lúdicos.
<b>Uso de nuevas tecnologías</b>	No tienen acceso a nuevas tecnologías.	No tienen acceso a nuevas tecnologías.	Tienen acceso a las nuevas tecnologías como impresión 3D, corte láser, CNC, entre otras, para desarrollar prototipos.	Tienen acceso a las nuevas tecnologías como impresión 3D, corte láser, CNC, entre otras, para desarrollar prototipos. El acceso al conocimiento es de forma colaborativa y abierta.
<b>Trabajo colaborativo</b>	Se desarrolla, sobre todo, en periodos intersemestrales.	Se realiza en espacios comunes como biblioteca y salones de clase.	Se promueve, pues las herramientas son de libre acceso y el conocimiento sobre su uso surge de la experiencia.	El acceso al conocimiento es de forma colaborativa y abierta.

**Tabla 26. Externalidades positivas.**  
Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior se observa que el impacto en la apertura de un *Makerspace* es significativo para la comunidad tecnológica del TecNM campus Milpa Alta. El aspecto social del proyecto *Makerspace* se centra en el fortalecimiento de la comunidad para identificarse con el uso de nuevas tecnologías y el desarrollo de nuevos proyectos. El espacio físico abierto promueve la curiosidad, pues la disponibilidad de herramientas para el diseño y construcción de prototipos es un aspecto novedoso.

## Conclusiones

Los estudios realizados en este capítulo permiten definir el proyecto de una manera integral, considerando los aspectos más relevantes para su evaluación.

El *estudio de mercado* muestra que el proyecto *Makerspace* contaría con un consumidor institucional. La encuesta indica que al menos 50% de la población estudiantil está interesada en conocer nuevas tecnologías y que 25% haría uso del espacio al menos una vez durante el primer año.

En el *estudio organizacional* se muestra la viabilidad del proyecto, ya que no representa ningún cambio significativo en la estructura actual. El costo del personal requerido puede ser pagado por medio de los ingresos propios.

Tomando en cuenta que el proyecto propuesto complementa la formación de estudiantes universitarios, el tema ambiental formará parte importante al despertar la concientización sobre el uso y aprovechamiento de los recursos, el ahorro de energía y la importancia del desarrollo de productos amigables con el medio ambiente.

En el organigrama institucional es necesario agregar a un Operador de *Makerspace* quien será la persona responsable de las actividades que se realizarán dentro del espacio.

Inicialmente, no se requiere ningún tipo de construcción; y la adecuación necesaria a la infraestructura física del plantel es mínima, por lo que la ejecución podría ser supervisada por el mismo operador del *Makerspace*.

El proceso de producción gira en torno al trabajo colaborativo utilizando nuevas tecnologías para promover la creatividad e innovación con un enfoque sustentable.

Dentro del *Makerspace* se impartirán talleres de aprendizaje y elaboración de proyecto que conduzcan a la innovación y desarrollo tecnológico de los siguientes campos disciplinarios: Ingeniería Bioquímica, Ingeniería en Gestión Empresarial e Ingeniería en Sistemas Computacionales.

En el *estudio financiero*, se desglosa el programa de inversión para la puesta en marcha y operación del *Makerspace*.

El ACE se realiza para identificar y cuantificar los beneficios del proyecto *Makerspace*.

El impacto en la apertura de un *Makerspace* sería significativo para la comunidad tecnológica del TecNM campus Milpa Alta. El aspecto social del proyecto *Makerspace* se centra en el fortalecimiento de la comunidad para identificarse con el uso de nuevas tecnologías y el desarrollo de nuevos proyectos.

## CONCLUSIONES GENERALES

El presente trabajo presenta una investigación sobre un tema novedoso para el sector educativo: la creación de un *Makerspace* en una Institución de Educación Superior. La creciente apertura de estos espacios en más organizaciones educativas confirma que existe interés sobre la forma de compartir el conocimiento de manera informal, y que al mismo tiempo coadyuve al logro de los objetivos institucionales.

El objeto de estudio es el TecNM campus Milpa Alta y la propuesta de solución es un plan para crear un *Makerspace*. Con el enfoque de sistemas, se analiza de manera holística la complejidad de la interacción dentro de la organización y la problemática cuando se ponen en marcha los planes estratégicos para el logro de los objetivos.

En el diseño para el funcionamiento de este espacio, la metodología de la evaluación de proyectos trabaja en el contexto del Paradigma del Enfoque de Sistema: toma el reto de abordar el tema del aprendizaje colaborativo entre pares y la democratización del conocimiento, utilizando nuevas tecnologías con un estricto rigor académico desde la ingeniería con un enfoque sistémico y con aportaciones del método de la evaluación de proyectos.

El movimiento *Maker* es una respuesta a la necesidad de socialización del aprendizaje. Se retoma la base de *aprender haciendo*, inherente al ser humano, y se aplica con el uso de nuevas tecnologías. Esta tendencia llama la atención de la educación formal debido a que se identifican los componentes constructivista y constructorista del movimiento *Maker*.

Una aportación de esta tesis es la construcción por composición y descomposición sobre el proceso de producción de un *Makerspace*, la ubicación temporal, sectorial y espacial del proyecto, así como la construcción con el método de la caja negra para su análisis.

Dentro del *Makerspace* se impartirán talleres de aprendizaje y elaboración de proyecto que conduzcan a la innovación y desarrollo tecnológico de los siguientes campos disciplinarios: Ingeniería Bioquímica, Ingeniería en Gestión Empresarial e Ingeniería en Sistemas Computacionales.

El proceso de producción gira en torno al trabajo colaborativo, utilizando nuevas tecnologías para promover la creatividad e innovación con un enfoque sustentable.

El estudio de mercado muestra que el proyecto *Makerspace* contaría con un consumidor institucional. Los resultados de la encuesta que se aplicó indican que, de la población estudiantil, al menos 50% está interesada en conocer nuevas tecnologías, mientras que 25% haría uso del espacio al menos una vez durante el primer año.

Esta investigación permitió lograr el objetivo general de elaborar un plan para crear un *Makerspace* que utilice un modelo de enseñanza basado en aprendizaje colaborativo para resolver la problemática de insuficiente desarrollo de proyectos de investigación, propiedad intelectual o modelo de negocio para el caso del TecNM campus Milpa Alta.

En la actualidad, el campus del TecNM Iztapalapa, III ubicado en San Miguel Teotongo, Alcaldía Iztapalapa, ya cuenta con un *Makerspace* en funcionamiento. En el TecNM campus Tláhuac II existe un proyecto de *Aula Maker* y hay otro en Tlalpan. Asimismo, en el Laboratorio Creativo, U. H. Santa Cruz Meyehualco, Alcaldía Iztapalapa, también se encuentra un *Makerspace*. Esto es una muestra clara de que el tema sigue en desarrollo y que no hay un método o plan único para la creación de un espacio creativo *Makerspace*, sino que puede ser abordado desde diferentes enfoques. En el caso

del presente trabajo, se defiende la posibilidad de que el aprendizaje práctico, la transmisión de conocimiento empírico y el trabajo colaborativo abierto pueden ser aprovechados para coadyuvar al logro de las metas y objetivos de una institución educativa como el TecNM.



## LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN A SEGUIR

A continuación, se enlistan algunas de las líneas de investigación que pueden dar continuidad al presente trabajo:

1. Documentar la apertura de un *Makerspace* para realizar una post evaluación en la que se contraste los resultados reales contra lo planificado.
2. Una vez que el *Makerspace* esté funcionando, crear un sistema de información para el monitoreo y control.
3. Utilizar la estrategia metodológica del presente trabajo en otra institución educativa de nivel medio superior o superior para la creación de un *Makerspace*.
4. Desarrollar un plan para crear un *Makerspace* en el sector privado utilizando la misma estrategia metodológica desarrollada en este trabajo.

## BIBLIOGRAFÍA

- AcceleratingBiz. (2017). *Number of Makerspaces in the U.S. by State*.  
<https://acceleratingbiz.com/proof-point/number-of-Makerspaces-in-the-us-by-state/>
- Ackoff, R. L. (1971). Towards a System of Systems Concepts. *Management Science*, 17(11), 661–671.
- Ackoff, R. L. (1973). Science in the Systems Age: Beyond IE, OR, and MS\*. *Operations Research*, 661–671.
- Ackoff, R. L. (1981). *Rediseñando el futuro*. Limusa.  
<http://pbidi.unam.mx:8080/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=c at02025a&AN=lib.MX001000308345&lang=es&site=eds-live>
- Ackoff, R. L. (1994). Systems thinking and thinking systems. *System Dynamics Review*, 10(2–3), 175–188. <https://doi.org/10.1002/sdr.4260100206>
- Agudelo, M. E., & Estrada, P. (2013). Constructivismo y construccionismo social: Algunos puntos comunes y algunas divergencias de estas corrientes teóricas. *Prospectiva*, 17, 353.  
<https://doi.org/10.25100/prts.v0i17.1156>
- ANUIES. (2021). *Anuarios Estadísticos de Educación Superior*. <http://www.anui.es/informacion-y-servicios/informacion-estadistica-de-educacion-superior/anuario-estadistico-de-educacion-superior>
- Axup, J., Thomas, A. M., Waldman, A., Faulkner, S., Ödman-Govender, C., St Leger, J., Polka, J., Gregg, M., & Johnson, B. D. (2014). The world of making. *Computer*, 47(12), 24–40.  
<https://doi.org/10.1109/MC.2014.373>
- Bertalanffy, L. von. (1969). *Teoría General de los Sistemas*. Fondo de Cultura Económica.
- Bonet, A., Meier, C., Saorín, J. L., De La Torre, J., & Carbonell, C. (2017). Tecnologías de diseño y fabricación digital de bajo coste para el fomento de la competencia creativa. *Arte, Individuo y Sociedad*, 29(1), 85–100. <https://doi.org/10.5209/ARIS.51886>
- Chan, M. M., & Blikstein, P. (2018). Exploring problem-based learning for middle school design and engineering education in digital fabrication laboratories. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 12(2), 9–10. <https://doi.org/10.7771/1541-5015.1746>
- Cohen, E., & Franco, R. (1992). Evaluación de proyectos sociales. En *Siglo XXI*.  
[https://books.google.com.co/books?id=Uz7leGnN1mkC&printsec=frontcover&hl=es&source=gs\\_b\\_s\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false%0Ahttps://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/1915/S3092C678E\\_es.pdf](https://books.google.com.co/books?id=Uz7leGnN1mkC&printsec=frontcover&hl=es&source=gs_b_s_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false%0Ahttps://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/1915/S3092C678E_es.pdf)
- Colindres, C. R. (2015). *Makerspace*: un novedoso servicio a ser considerado por bibliotecas públicas y académicas. *InfoBoletín ABES*, 1(1), Unpaginated.  
<https://www.yumpu.com/es/document/read/55743579/infoBoletín-abes-no-1>
- Colligan, P., & Raspberri Pi. (2018). *A World-Class Computing Education*.  
<https://www.raspberrypi.org/blog/world-class-computing-education/>
- Department for Digital Culture Media & Sport. (2019). *Libraries and Makerspaces*. Libraries and Makerspaces. <https://www.gov.uk/government/publications/libraries-and-Makerspaces/libraries-and-Makerspaces>
- DGEST. (2012). *Modelo educativo para el siglo XXI: Formación y desarrollo de competencias profesionales*. <http://www.dgest.gob.mx/modeloeducativo/modeloeducativo.pdf>
- Dougherty, D. (2008). The joy of making. *Proceedings - 2nd IEEE International Conference on Digital Game and Intelligent Toy Enhanced Learning, DIGITEL 2008*, 8–12.  
<https://doi.org/10.1109/DIGITEL.2008.51>
- Dougherty, D. (2012). The Maker Movement. *Innovations: Technology, Governance, Globalization*, 7(3), 11–14. [https://doi.org/10.1162/inov\\_a\\_00135](https://doi.org/10.1162/inov_a_00135)
- Ede, S. (2014). *The New Industrial Economy. Redefining 'Industry' in the Era of the Collaborative Economy*. Medium. <https://medium.com/@sharonede/the-new-economy-bad2a4c07825>
- Fernández, J. (2014). *MSM - Manual de Supervivencia Maker. Introducción: Historia y antecedentes maker*.  
[https://manualsupervivenciamaker.com/manual/introduccion\\_historia\\_y\\_antecedentes\\_maker.html](https://manualsupervivenciamaker.com/manual/introduccion_historia_y_antecedentes_maker.html)

- Fitzpatrick, M., Toledo, D., Golden, G., & Crosby, S. (2018). *Education Policy Outlook* (Issue March).
- Fleming, L. (2014). Literacy in the Making: Showing how the “maker movement” has a place in all disciplines. *Reading Today*, September/October, 28–30.
- Foro Económico Mundial. (2020). *Schools of the Future: Defining New Models of Education for the Fourth Industrial Revolution*. <https://es.weforum.org/reports/schools-of-the-future-defining-new-models-of-education-for-the-fourth-industrial-revolution>
- Galaleldin, M., Bouchard, F., & Anis, H. (2017). The impact of *Makerspaces* on Engineering Education. *Proceedings of the Canadian Engineering Education Association*. <https://doi.org/10.24908/pceea.v0i0.6481>
- Gamino-Carranza, A., & Acosta-González, M. G. (2016). Modelo curricular del Tecnológico Nacional de México. *Revista Electrónica Educare*, 20(1), 1–25. <https://doi.org/10.15359/ree.20-1.10>
- Gelman, O., & Negroe, G. (1982). La planeación como un proceso básico de conducción. *Revista de la Academia Nacional de Ingeniería*, 1(4), 253–270. <http://pbidi.unam.mx:8080/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=c at02032a&AN=per.PER01000035004&lang=es&site=eds-live>
- Germana, J. (2000). The whole and main ideas of systems science. *Systems Research and Behavioral Science*, 17(3), 311–313. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-1743\(200005/06\)17:3<311::AID-SRES319>3.0.CO;2-A](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1743(200005/06)17:3<311::AID-SRES319>3.0.CO;2-A)
- Guba, E. G., & Lincoln, Y. S. (1989). *Fourth Generation Evaluation*. Sage. <http://pbidi.unam.mx:8080/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=c at02025a&AN=lib.MX001000612100&lang=es&site=eds-live>
- Halverson, E. R., & Sheridan, K. M. (2014). The maker movement in education. *Harvard Educational Review*, 84(4), 495–504. <https://doi.org/10.17763/haer.84.4.34j1g68140382063>
- Harnett, C. K., Tretter, T. R., & Philipp, S. B. (2015). Hackerspaces and engineering education. *Proceedings - Frontiers in Education Conference, FIE, 2015-Febru(February)*. <https://doi.org/10.1109/FIE.2014.7044395>
- Hernández, S. (2008). El modelo constructivista con las nuevas tecnologías: aplicado en el proceso de aprendizaje. *RUSC. Universities and Knowledge Society Journal*, 5(2), 26–35. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.7238/rusc.v5i2.335>
- Hoban, G., Nielsen, W., & Carceller, C. (2010). Articulating constructionism: Learning science through designing and making “slowmations” (student-generated animations). *ASCILITE 2010 - The Australasian Society for Computers in Learning in Tertiary Education*, 433–443.
- Inicio | Real Academia Española*. (n.d.). Fecha de consulta: febrero 23, 2021. Recuperado de <https://www.rae.es/>
- Irie, N. R., Hsu, Y. C., & Ching, Y. H. (2019). *Makerspaces* in diverse places: A comparative analysis of distinctive national discourses surrounding the Maker Movement and education in four countries. *TechTrends*, 63(4), 397–407. <https://doi.org/10.1007/s11528-018-0355-9>
- Johnson, L., Adams Becker, S., Estrada, V., & Freeman, A. (2015). *New Media Consortium Horizon Report > 2015 K-12 Edition*.
- Kuhn, T. S. (1966). *The Structure of Scientific Revolutions*. (4th ed.). University of Chicago Press. <http://pbidi.unam.mx:8080/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=c at02025a&AN=lib.MX001000065294&lang=es&site=eds-live>
- Lou, N., & Peek, K. (2016). *By The Numbers: The Rise Of The Makerspace*. Popular Science. <https://www.popsci.com/rise-Makerspace-by-numbers/>
- ManpowerGroup. (2021). *Encuesta de Expectativas de Empleo ManpowerGroup Q3 2021 Resultados México*. [https://www.manpowergroup.com.mx/wps/wcm/connect/manpowergroup/83e4ef3a-8aae-4be8-89f8-358886d45be2/EX\\_InfografiaTalentShortage\\_MX\\_20210608.pdf?MOD=AJPERES&CONVERT\\_TO=url&CACHEID=ROOTWORKSPACE.Z18\\_2802IK01OORA70QUFIPQ192H31-83e4ef3a-8aae-4be8-89f8-358886d](https://www.manpowergroup.com.mx/wps/wcm/connect/manpowergroup/83e4ef3a-8aae-4be8-89f8-358886d45be2/EX_InfografiaTalentShortage_MX_20210608.pdf?MOD=AJPERES&CONVERT_TO=url&CACHEID=ROOTWORKSPACE.Z18_2802IK01OORA70QUFIPQ192H31-83e4ef3a-8aae-4be8-89f8-358886d)
- Morales, Y. M., & Dutrénit, G. (2017). El movimiento Maker y los procesos de generación, transferencia y uso del conocimiento. *Entreciencias: Diálogos en la Sociedad del*

- Conocimiento*, 5(15), 33–51. <https://doi.org/10.22201/enesl.20078064e.2017.15.62588>
- Morin, E. (2018). Guía general para la presentación de evaluaciones costo y beneficio de programas y proyectos de inversión, 2018. En *Cepep*.
- Morrisey, G. L., & Morrisey, G. L. (1995). *Planeación táctica: produciendo resultados en corto plazo*. Jossey-Bass.  
<http://pbidi.unam.mx:8080/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=c at02025a&AN=lib.MX001000723649&lang=es&site=eds-live>
- Mosquera, I. (2018). ¿Qué es un Makerspace educativo? Construye un espacio para la creatividad de tus alumnos. <https://www.unir.net/educacion/revista/noticias/que-es-un-Makerspace-educativo-construye-un-espacio-para-la-creatividad-de-tus-alumnos/549203658312/>
- nesta. (2015). *UK Makerspaces: the data*. <https://www.nesta.org.uk/archive-pages/uk-Makerspaces-the-data/>
- OCDE. (2019a). Higher education in Mexico : labour market relevance and outcomes. En *Higher Education*. [https://www.oecd.org/centrodemexico/medios/educacion\\_superior\\_en\\_mexico.pdf](https://www.oecd.org/centrodemexico/medios/educacion_superior_en_mexico.pdf)
- OCDE. (2019b). *Educación superior en México*. OECD. <https://doi.org/10.1787/a93ed2b7-es>
- OECD. (2019). *Transformative Competencies for 2030 Conceptual learning framework*. 12. [www.oecd.org/education/2030-project](http://www.oecd.org/education/2030-project)
- Oliver-Espinoza, R. (2021). Makerspaces: indicadores cuantitativos e implicaciones para la innovación, la educación y el emprendimiento. *Entreciencias: Diálogos en la Sociedad del Conocimiento*, 9(23), 1–17. <https://doi.org/10.22201/enesl.20078064e.2021.23.77774>
- Papert, S., & Harel, I. (1991). Situating constructionism. *Constructionism*, 1–12.
- Raviolo, A., Ramírez, P., & López, E. A. (2010). Enseñanza y aprendizaje del concepto de modelo científico a través de analogías. *Eureka*, 7(3), 581–612.
- Roffey, T., Sverko, C., & Therien, J. (2016). *The Making of a Makerspace: Pedagogical and Physical Transformations of Teaching and Learning*. 47.  
[http://www.Makerspaceforeducation.com/uploads/4/1/6/4/41640463/Makerspace\\_for\\_educatio n\\_curriculum\\_guide.pdf](http://www.Makerspaceforeducation.com/uploads/4/1/6/4/41640463/Makerspace_for_educatio n_curriculum_guide.pdf)
- Ross Jaffe, Jordan, W., Jaffe, J. F., Jordan, B. D., Shue, K., Gómez Mont Araiza, J., Nagore Cázares, G., & Ross, S. A. (2022). *Finanzas corporativas*. (Decimoterc). McGraw-Hill Interamericana.  
<http://pbidi.unam.mx:8080/login?url=https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cat02025a&AN=lib.MX001002166026&lang=es&site=eds-live>
- Sánchez-Guerrero, G. de las N. (2016). *Técnicas heurísticas participativas para la planeación*. Plaza y Valdés Editores (Ed.); 1st ed.).
- Sánchez Lara, B. (2021). Los fundamentales de la planeación. En *Sistemas y Planeación*.
- Sapag Chain, N., Sapag Chain, R., & Sapag Puelma, J. M. (2014). *Preparación y evaluación de proyectos*. (6a edición). McGraw-Hill.  
<http://pbidi.unam.mx:8080/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=c at02025a&AN=lib.MX001002091618&lang=es&site=eds-live>
- SEDEMA. (2012). *Reporte de biodiversidad de la Ciudad de México*.
- SEP. (2017). *Nuevo Modelo Educativo Resumen Ejecutivo*.  
<https://www.gob.mx/sep/documentos/nuevo-modelo-educativo-99339>
- Serrano, A. (2018). *REM*. <http://www.educacionmaker.org/primer-encuentro-rem/>
- Taheri, P., Robbins, P., & Maalej, S. (2020). Makerspaces in first-year engineering education. *Education Sciences*, 10(1), 1–16. <https://doi.org/10.3390/educsci10010008>
- TecNM. (2016). *Desarrollo sustentable*.  
[https://www.tecnm.mx/?vista=TecNM\\_Virtual&tecnm\\_virtual=Seccion2](https://www.tecnm.mx/?vista=TecNM_Virtual&tecnm_virtual=Seccion2)
- TecNM. (2020). *PDI 2019-2024*.
- TecNM. (2021). *Informe de Rendición de Cuentas 2020 del Instituto Tecnológico de Milpa Alta*. [http://itmilpaalta.edu.mx/docs/2021/IRC20-ITMA\\_FINAL28FEB21.pdf](http://itmilpaalta.edu.mx/docs/2021/IRC20-ITMA_FINAL28FEB21.pdf)
- Tecnológico Nacional de México. (2014). *Proyectos integradores para la formación y desarrollo de competencias profesionales del Tecnológico Nacional de México*.
- Unterfrauner, E., Shao, J., Hofer, M., & Fabian, C. M. (2019). The environmental value and impact of the Maker movement—Insights from a cross-case analysis of European maker initiatives. *Business Strategy and the Environment*, 28(8), 1518–1533. <https://doi.org/10.1002/bse.2328>

- Urdaneta, G., & Guanipa, M. (2015). 4. Estructuras e interacciones en la construcción del conocimiento. Una propuesta a partir del planteamiento teórico de Piaget y Vigotski. *Revista EDUCARE - UPEL-IPB - Segunda Nueva Etapa 2.0*, 13(3 SE-Infomes de Investigación Cuantitativa o Cualitativa), 77-99. <https://revistas.investigacion-upelipb.com/index.php/educare/article/view/254>
- Wiki.hackerspaces.org/. (n.d.). *HackerspaceWiki*. Fecha de consulta: julio 26, 2020. Recuperado de <https://wiki.hackerspaces.org/>
- Wilczynski, V., Zinter, J., & Wilen, L. (2016). Teaching engineering design in an academic *Makerspace*: Blending theory and practice to solve client-based problems. *ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings, 2016-June*. <https://doi.org/10.18260/p.27351>
- Xue, Y. (2018). *Made in China: The Boom and Bust of Makerspaces*. Sixth Tone. <http://www.sixthtone.com/news/1003171/made-in-china-the-boom-and-bust-of-Makerspaces>