



Asociación Nacional de Facultades y
Escuelas de Ingeniería

INGENIERÍA INDUSTRIAL EN MÉXICO 2030: ESCENARIOS DE FUTURO

Estudio de Planeación
Prospectiva



INGENIERÍA INDUSTRIAL EN MÉXICO 2030:

ESCENARIOS DE FUTURO

Estudio de Planeación Prospectiva

COORDINADORES DEL PROYECTO

Dr. Juvencio Roldan Rivas

Facultad de Ingeniería de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Mtra. Martha Hanel González

División de Ciencias Básicas e Ingeniería de la Universidad Autónoma Metropolitana – Azcapotzalco

Ing. Juan José Echevarría Reyes

Asociación Nacional de Facultades y Escuelas de Ingeniería

COLABORADORES

Dr. Miguel Ángel López Ontiveros

M. C. José Ángel Hernández Rodríguez

División de Ciencias Básicas e Ingeniería de la Universidad Autónoma Metropolitana – Unidad Azcapotzalco

Mtro. Filiberto González Hernández

Dr. Eduardo Díaz Santillán

Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey - Campus Estado de México

Ing. Felipe de Jesús Dorantes Benavidez

Tecnológico de Estudios Superiores del Oriente del Estado de México

Dra. Margarita Hurtado Hernández

Facultad de Ingeniería de la Universidad Panamericana

Ing. Luis Alfredo Rodríguez Reyes

Mtro. Edgar Augusto Ruelas Santoyo

Instituto Tecnológico Superior de Irapuato

Dr. Juan José Méndez Palacios
Instituto Tecnológico de Querétaro

Mtro. Vicente Hernández García
Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí

Ing. Jesús A. Hernández Gómez
Instituto de Ingeniería y Tecnología de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

M. C. Claudio Alejandro Alcalá Salinas
Instituto Tecnológico de Matamoros

M. C. Amauri Torres Balcázar
M. I. Raúl Noriega Ponce
Instituto Tecnológico de San Juan del Río

Mtro. Alejandro Olvera García
Facultad de Ingeniería de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

M. E. Lidia Ramírez Quintanilla
Ing. Joel Montesinos Hernández
Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Mtra. Paulina Martínez Isidro
Mtro. Francisco Hernández Vázquez Mellado
Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Autónoma de Yucatán

INVITADOS DEL SECTOR PRODUCTIVO, DE ORGANISMOS DE EVALUACIÓN Y COLEGIO DE PROFESIONISTAS

Dr. Luciano Varela Coronel
Colegio Nacional de Ingenieros Industriales

Ing. Eduardo Ramírez Díaz
Coordinador de los EGEL en Ingeniería Industrial y Arquitectura de CENEVAL

Ing. Alfredo García Orozco
CE Consulting SA de CV y Pink It Solutions SA de CV. Profesionista, empresario Invitado

Mtra. Margarita Román Adame
Gerencia de vinculación y proyectos del Instituto Volkswagen de México

Ing. Juan Carlos de Campo Salomón
Director de manufactura de Luk de México, Grupo Schaeffler

Mtro. Esteban Monroy
Presidente Regional APICS



CONTENIDO

<u>Introducción</u>	5
<u>Antecedentes</u>	7
<u>Evolución de la ingeniería industrial</u>	7
<u>La ingeniería industrial en México</u>	8
<u>Perfil del ingeniero industrial</u>	13
<u>La planeación prospectiva en ANFEI</u>	13
<u>Metodología</u>	19
<u>Identificación de grupos de afinidad</u>	21
<u>Determinación de vectores</u>	21
<u>Identificación de escenarios futuros</u>	23
<u>Desarrollo del estudio</u>	24
<u>Propuestas de escenarios. Experiencia en la aplicación</u>	25
<u>Selección de escenarios factibles</u>	27
<u>Análisis de escenarios con base en narrativas</u>	29
<u>Propuesta de escenario probable y posible</u>	33
<u>Análisis de Fortalezas, debilidades y riesgos</u>	33
<u>Objetivos supremos e iniciativas estratégicas</u>	34
<u>Conclusiones escenarios futuros de la ingeniería industrial 2030 en México</u>	36
<u>Conclusión del estudio por el grupo de trabajo de <i>planeación prospectiva</i></u>	38
<u>Anexos (narrativas)</u>	40



INTRODUCCIÓN

Antecedentes sobre la planeación de escenarios futuros como herramienta de apoyo en la toma de decisiones y prospectiva estratégica

Desde tiempos antiguos los seres humanos hemos tenido la necesidad de anticiparnos al futuro. En cada época y civilización han existido personajes que, basados en la mitología y otras creencias, han pretendido ver los acontecimientos que marcarán el destino de sus pueblos, tales como desastres naturales, advenimiento de líderes revolucionarios, plagas, guerras y otros posibles eventos. Así, en la historia han desfilado el oráculo de Delfos, las pitonisas, los profetas, los chamanes y otros personajes.

En tiempos recientes, el poder predictivo de las matemáticas, la estadística y la probabilidad de eventos ha sustituido tales pretensiones, basado en los datos históricos y bajo sólidos fundamentos racionales. Así, la regresión lineal, la no lineal, las series de tiempo y otras técnicas, permiten proyectar datos históricos en futuros cercanos que, con errores estadísticos calculados, proveen pronósticos cuantitativos para planear datos económicos, demanda de productos, crecimientos demográficos, etc.

En entornos estables tales proyecciones pueden ser válidas para varios meses y años futuros próximos, pero es válido preguntarnos si en la actualidad vivimos en un ámbito estable. Sin abundar en tanto soporte referencial, podríamos coincidir en que vivimos tiempos turbulentos. El calentamiento global, la crisis energética, el surgimiento de nuevas potencias económicas, el envejecimiento poblacional, el empoderamiento de la sociedad civil, el acelerado avance tecnológico y otros fenómenos que observamos cotidianamente, desde hace unas décadas se han consolidado como tendencias; nos ponen en alerta constante haciéndonos conscientes de que nada es para siempre, que los tiempos de ciclo de todas las industrias conocidas se están acortando, que tecnologías innovadoras están gestándose en los laboratorios, constituyéndose así en las disrupciones futuras que cambiarán radicalmente nuestra forma de vivir en diez, quince o más años. *Tales cambios disruptivos vienen acompañados, en muchos casos, de la desaparición de sectores industriales completos y, con ello, surgen quiebras masivas, desempleo, empobrecimiento de regiones enteras, pero también de nuevas oportunidades de negocios y generación de riqueza para quienes crean o adopten oportunamente tales cambios tecnológicos que terminan por aterrizar en factores demográficos, culturales, ambientales y económicos.* Debemos reconocer que durante las últimas tres décadas nuestras vidas han cambiado de manera radical, presentándonos nuevas

amenazas u oportunidades, y que en los próximos años la tasa de velocidad de estos cambios se acelerará, con los consiguientes riesgos en cada aspecto de nuestras vidas.

Reconociendo tal turbulencia, las herramientas matemáticas basadas en datos históricos no son útiles para identificar los factores disruptivos, cuyas señales son débiles en el presente y no influyen de ningún modo el comportamiento futuro de los diversos sectores. No son aptas aún para mostrar los puntos de quiebre que marcarán el declive y posible desaparición de sectores consolidados durante los años anteriores. El ejemplo más claro está en la industria de las máquinas de escribir. En los años setentas del siglo pasado, su demanda crecía exponencialmente gracias al fenómeno de los *baby boomers*. Las curvas de tendencia proyectadas a los años 90 hubieran mostrado grandes crecimientos. Los industriales y planeadores del sector ya visualizaban una evolución hacia la máquina de escribir electrónica, con mejores funciones, y dieron los pasos para competir en ese sentido. Se modernizaron en la incorporación de módulos electrónicos a sus mecanismos. Muchos de nosotros las usamos hace treinta años y puede que aún podamos encontrar algunas funcionando. Sin embargo, también sabemos el final de la historia.

Las computadoras, relegadas hasta principios de los años setenta a usos militares o de investigación, pasaron a formar parte de todos los hogares y oficinas del mundo en menos de veinte años. El ordenador, tal como lo conocemos hoy, fue una disrupción tecnológica que no solamente sustituyó a la máquina de escribir, la calculadora o a las cajas registradoras en muchos ámbitos, sino que su evolución —al fusionarse con tecnologías de comunicación— está sustituyendo gradualmente a la cámara fotográfica, los aparatos de sonido, los libros y muchos otros objetos que se produjeron y usaron durante mucho tiempo. Así, ya que la estadística y otras herramientas cuantitativas no permiten identificar disrupciones, los responsables de elaborar planes estratégicos prospectivos han creado nuevas técnicas cualitativas, una de las cuales describiremos puesto que fue elegida para nuestro ejercicio de prospectiva estratégica.

La *Asociación Nacional de Facultades y Escuelas de Ingeniería* ANFEI, a través de sus programas estratégicos de *Redes Académicas y de Planeación*, proyecta desarrollar un Estudio de Planeación Prospectiva INGENIERÍA INDUSTRIAL EN MÉXICO 2030: ESCENARIOS DE FUTURO utilizando diversas metodologías, que será de importancia trascendental para la Ingeniería mexicana y el desarrollo del país, ya que a través de él se busca plantear estrategias que se conviertan en políticas nacionales que nos lleven a lograr el futuro deseado para nuestro país.



ANTECEDENTES

Evolución de la Ingeniería Industrial

La Ingeniería Industrial es una disciplina relativamente nueva que se inició en el último tercio del siglo XIX. Las contribuciones pioneras de Taylor y Gilbreth se orientaron a hacer más productivo el trabajo de los obreros mediante la especificación y estandarización, el diseño de dispositivos que facilitasen las tareas y el estudio sistemático de sus movimientos para eliminar esfuerzos improductivos. La Revolución Industrial, como primer detonante de la necesidad de esta carrera, nos deja el principio fundamental de la Ingeniería Industrial, que podemos seguir aplicando aun en nuestros días para no olvidar nuestro objetivo:

La industria moderna nunca considera a los procesos de producción como definitivos o acabados. En este contexto la innovación es, por definición, negación, destrucción, cambio; la transformación es la esencia permanente de la modernidad.

A partir de esta premisa, la Ingeniería Industrial —sin existir aun oficialmente como tal— tuvo grandes colaboraciones como la de Jean Perronet en 1760, con sus *Estudios de Ciclos*; Adam Smith en 1776, con *Estudios sobre la Especialización en el Trabajo*, o Eli Whitney en 1793, con respecto a *Partes Intercambiables de Producción*.

Desde sus inicios, esta disciplina ha realizado una gran contribución a la productividad de las organizaciones y de la sociedad. A lo largo de más de un siglo, ha acumulado técnicas y conceptos que faciliten el que la sociedad obtenga más beneficios con los mismos o menores recursos. Asimismo, la aplicación de técnicas de estudio al trabajo de las empresas industriales (y eventualmente a todo tipo de organizaciones) logró que los trabajadores realizaran mejor sus tareas y lo hicieran en mejores condiciones de trabajo. Posteriormente, abordó muchos otros aspectos importantes de la producción, como balanceo de líneas, distribución en planta, manejo de materiales, administración de inventarios, control de la calidad, administración de proyectos y programación de la producción, entre otros.

En una etapa subsecuente, se adoptaron vigorosamente las técnicas de Investigación de operaciones e Ingeniería de sistemas, con lo que se afrontaron problemas como la localización de plantas, optimización de combinaciones de insumos, minimización de costos de transporte y logística, optimización de la mezcla de productos. En las últimas décadas ha rebasado el ámbito de la industria y se aplica también a los servicios de salud, transporte, comercio y financieros, entre otros.

La sociedad del siglo XXI se caracteriza por un amplio, sostenido y cambiante uso de la tecnología en un mercado global de enorme competencia e interdependencia, con una capacidad de comunicación jamás imaginada. Para los ingenieros esto implica el reto de ofrecer a la sociedad el desarrollo sólido de habilidades y conocimientos (*Desarrollo sólido de competencias*) que le permitan diseñar, construir, fabricar y operar bienes con alto valor agregado de tecnología y más eficientes en su función, a los menores costos posibles.

La Ingeniería Industrial en México

En México la Ingeniería Industrial juega un papel muy importante en el soporte de la industria nacional, contribuyendo a su modernización y mejorando su nivel competitivo, tanto en el mercado interno como en los mercados internacionales.

Existen evidencias de la aplicación de esta ciencia en sus diferentes ramas, y de las aportaciones que realizaron destacados ingenieros en nuestro país a través de la construcción de grandes obras de infraestructura, cuyas significativas contribuciones en diferentes campos de la ingeniería han constituido un referente que debe servir como base para enfrentar los *retos* actuales y proponer las *perspectivas* de solución.

Uno de los antecedentes en la formación de ingenieros en México se establece a partir de 1792 con el Real Seminario de Minas, constituyéndose ahí la primera profesión registrada en el país: *Perito Facultativo de Minas*; posteriormente, en 1843 se registra la primera carrera en *Ingeniería de Minas*. En 1897 — cuando se dicta la Ley de Enseñanza Profesional para la Escuela Nacional de Ingenieros (ENI) — se crean las carreras profesionales, entre las que se encuentra la de *Ingeniero Industrial*, denominación que se aplicó al Ingeniero mecánico que ya se había registrado desde 1867. Los ingenieros industriales de ese entonces (o ingenieros mecánicos) *tenían una formación distinta* a la que conocemos actualmente, y su campo de ejercicio profesional estaba en las fábricas de pólvora, armas, fundidoras, casa de moneda, el equipamiento de bombeo, máquinas de barcos a vapor, grúas en muelles, y otros similares; de esta forma fue creciendo la presencia de la Ingeniería en el país.

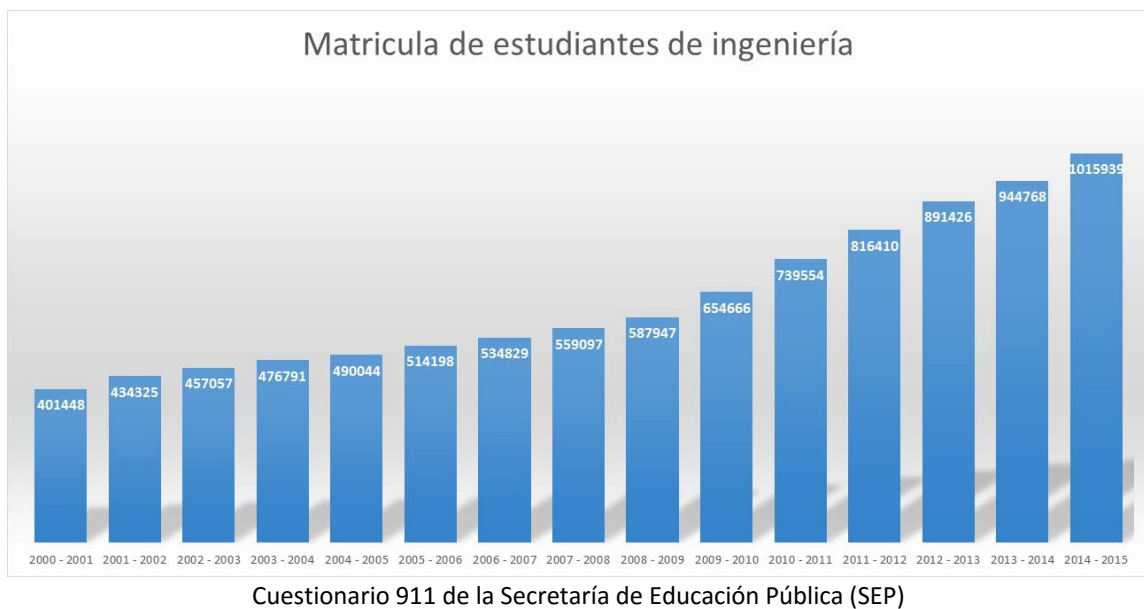
Durante los siguientes años, después de creadas varias carreras de Ingeniería en las instituciones de educación superior existentes, se hizo presente la Ingeniería Industrial con la fundación del ITESM en 1943, y en 1948 se crean los Institutos Tecnológicos Regionales de Durango y Chihuahua, como parte de un Sistema Federal de Institutos Tecnológicos, dependientes de la Secretaría de Educación Pública (SEP).

La carrera se registra oficialmente como tal en 1960 y, a partir de esa fecha, empieza a tener presencia en los diferentes estados de la República, conforme se creaban los Institutos Tecnológicos Regionales. Este tipo de sistema diseñó los cursos para dar apoyo y soporte técnico al desarrollo regional. El ingeniero industrial se concibió como un profesionista cuya función básica era servir a la industria en provincia y así, arraigar a sus egresados a su lugar de origen.

Existen diferentes formas de relacionar a la Ingeniería Industrial con los diferentes procesos de producción de las empresas, con el diseño, el análisis, la instalación, la operación, la administración, el control, la calidad y la mejora continua de sistemas productivos y de servicios, integrados por personas, materiales, equipo, información y recursos financieros, con una visión de respeto al individuo, a la sociedad y al medio ambiente.

Bajo estos enfoques se han formado los alumnos en las instituciones educativas y complementado su aprendizaje durante el ejercicio profesional —tanto en la pequeña como en la gran empresa— en el sector primario, secundario y en el de servicios; es decir, empresas agroindustriales, manufactureras, generadoras de electricidad, de servicios, bancos, aseguradoras,

Tomando como referencia el Cuestionario 911 de la Secretaría de Educación Pública (SEP), actualmente en nuestro país la matrícula de los estudiantes de ingeniería es de 1,015,939 jóvenes para el periodo 2014 - 2015, en la siguiente gráfica de muestra la tendencia de crecimiento de la matrícula de ingeniería a nivel nacional a partir del periodo 2000 – 2001.

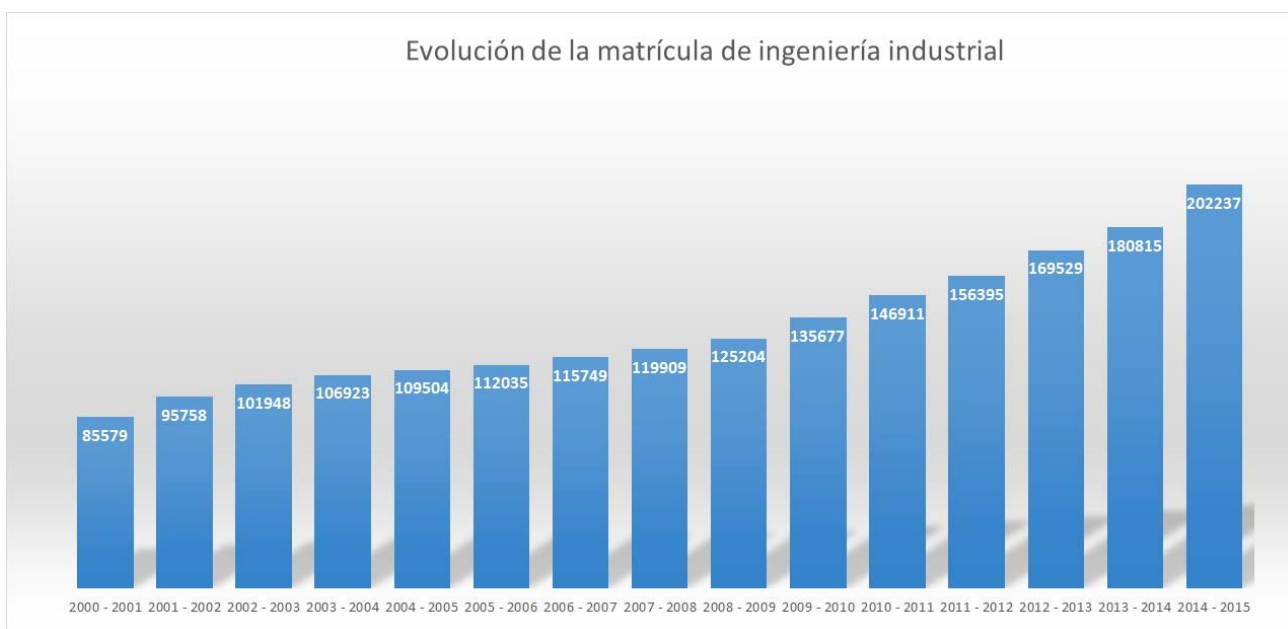


En el análisis de la información proporcionada por la SEP, se identificaron 33 áreas de ingeniería, siendo ingeniería industrial la que encabeza la lista con 202,237, seguida de ingeniería en sistemas computacionales con 176,618, ingeniería en gestión y finanzas con 97,064, ingeniería mecánica y eléctrica con 82,931, ingeniería en construcción con 77,508, entre otras. En la siguiente gráfica de muestran las 10 áreas de ingeniería con mayor número de estudiantes.



Cuestionario 911 de la Secretaría de Educación Pública (SEP)

A continuación se muestra la evolución de la matrícula en el área de ingeniería industrial a partir del periodo 2000 – 2001 al periodo 2014 - 2015



Cuestionario 911 de la Secretaría de Educación Pública (SEP)

El área de ingeniería industrial se compone de 108 programas diferentes de ingeniería los cuales se mencionan a continuación:

1. Ingeniería industrial	57. Ingeniería industrial y de procesos
2. Ingeniería industrial y de sistemas	58. Ingeniería industrial en sistemas de producción
3. Ingeniería en mantenimiento industrial	59. Ingeniería en diseño industrial e innovación tecnológica
4. Ingeniería en logística	60. Ingeniería en seguridad e higiene
5. Ingeniería industrial administrativa	61. Ingeniería en innovación industrial
6. Ingeniería en tecnologías de manufactura	62. Ingeniería industrial y capital humano
7. Ingeniería en procesos y operaciones industriales	63. Ingeniería en sistemas de producción industrial
8. Ingeniería en sistemas productivos	64. Ingeniería en diseño automatización agrícola
9. Ingeniería industrial en manufactura	65. Ingeniería industrial en procesos y servicios
10. Ingeniería en metal mecánica	66. Ingeniería industrial y de calidad
11. Ingeniería robótica industrial	67. Ingeniería industrial y logística
12. Ingeniería en sistemas y tecnologías industriales	68. Ingeniería industrial empresarial
13. Ingeniería industrial para la dirección	69. Ingeniería industrial y de sistemas de calidad
14. Ingeniería industrial en calidad	70. Ingeniería industrial y comercial
15. Ingeniería en sistemas de calidad	71. Ingeniería industrial productiva
16. Ingeniería en tecnologías de la producción	72. Ingeniería industrial en calidad y manufactura
17. Ingeniería en logística comercial global	73. Ingeniería en optimización de procesos
18. Ingeniería industrial y administración	74. Ingeniería en diseño automatización alimentaria
19. Ingeniería en manufactura	75. Ingeniería industrial en sistemas
20. Ingeniería en seguridad y automatización industrial	76. Ingeniería industrial militar con especialidad en ingeniería eléctrica
21. Ingeniería industrial logística	77. Ingeniería industrial y en sistemas de administración de la calidad
22. Ingeniería en plásticos	78. Ingeniería industrial y de manufactura
23. Ingeniería en sistemas de producción	79. Ingeniería de manufactura automotriz
24. Ingeniería industrial y gestión de la innovación	80. Ingeniería industrial y de sistemas (calidad y productividad)
25. Ingeniería en producción industrial	81. Ingeniería industrial y administración de empresas
26. Ingeniería en automatización	82. Ingeniería industrial y de sistemas de información
27. Ingeniería industrial e innovación de negocios	83. Ingeniería industrial en mecánica
28. Ingeniería industrial y de sistemas (ejecutiva)	84. Ingeniería en cadena de suministro y logística
29. Ingeniería en tecnologías de automatización	85. Ingeniería en procesos de manufactura avanzada
30. Ingeniería en tecnología de procesos	86. Ingeniería en procesos de calidad
31. Ingeniería en sistemas y productividad industrial	87. Ingeniería en sistemas de calidad y productividad
32. Ingeniería industrial en productividad y calidad	88. Ingeniería en procesos de manufactura
33. Ingeniería en tecnologías para la automatización	89. Ingeniería en moldeo plástico
34. Ingeniería industrial y en sistemas	90. Ingeniería en administración de la manufactura
35. Ingeniería en procesos industriales	91. Ingeniería industrial y de finanzas
36. Ingeniería en tecnotrónica	92. Ingeniería en calidad y costos
37. Ingeniería industrial en calidad y productividad	93. Ingeniería industrial en instrumentación y control de proceso
38. Ingeniería industrial estadístico	94. Ingeniería de producción industrial área diseño de productos y empaques
39. Ingeniería industrial en producción	95. Ingeniería en procesos logísticos
40. Ingeniería industrial en mantenimiento	96. Ingeniería industrial en logística y materiales
41. Ingeniería en tecnología de la madera	97. Ingeniería en producción área calidad y sustentabilidad
42. Ingeniería en metrología industrial	98. Ingeniería industrial y de mantenimiento
43. Ingeniería en logística y distribución	99. Ingeniería en tecnologías de manufactura industrial
44. Ingeniería industrial en operaciones internacionales	100. Ingeniería en producción industrial área logística
45. Ingeniería industrial y de sistemas de producción	101. Ingeniería en control de calidad y sistemas
46. Ingeniería en logística y cadena de suministros	102. Ingeniería industrial en administración ambiental
47. Ingeniería industrial mecatrónica	103. Ingeniería en calidad y productividad
48. Ingeniería en seguridad industrial	104. Ingeniería en mantenimiento y seguridad industrial
49. Ingeniería industrial en finanzas	105. Ingeniería industrial con especialidad en agroindustria
50. Ingeniería en operaciones y procesos industriales	106. Ingeniería en tecnología y producción
51. Ingeniería en seguridad industrial y ecología	107. Ingeniería industrial y en sistemas organizacionales
52. Ingeniería en confiabilidad de planta	108. Ingeniería industrial con especialidad en textil
53. Ingeniería industrial y rentabilidad de negocios	
54. Ingeniería en manufactura de autopartes	
55. Ingeniería en manufactura y automatización industrial	
56. Ingeniería industrial en electrónica	

Cuestionario 911 de la Secretaría de Educación Pública (SEP)

El número total de programas que están relacionados a la ingeniería industrial que se imparten en México es alrededor del orden de 1,248, ofertados en 1,032 instituciones y estos se dividen en tres modalidades:

Modalidad	No. de programas	Ofertados en instituciones	Matrícula
Escolarizado	1,000	811	181,116
No escolarizado	140	133	16,399
Mixto	108	88	4,722

Cuestionario 911 de la Secretaría de Educación Pública (SEP)

De acuerdo al régimen la matrícula del área de ingeniería industrial, las instituciones públicas congregan 165,261 jóvenes, mientras que las instituciones privadas a 36,976, en la siguiente grafica se muestra el porcentaje según el régimen público y privado.



Cuestionario 911 de la Secretaría de Educación Pública (SEP)

En lo que respecta a la distribución por entidad federativa, el estado de Veracruz con mayor número de la matrícula con 25,058 jóvenes estudiando en alguno de los programas del área de ingeniería industrial, seguido del Estado de México, Distrito Federal, Guanajuato y Puebla, en la siguiente grafica se muestra la distribución por estados.



Cuestionario 911 de la Secretaría de Educación Pública (SEP)

Perfil del Ingeniero Industrial

En las universidades, los estudiantes adquieren los conocimientos, habilidades y actitudes que pondrán en práctica en los lugares de trabajo. Estos elementos de formación son los que la industria, el comercio o el sector servicios necesitan de los titulados al momento de integrarse al campo laboral. La característica que mejor define al ingeniero industrial es que posee una capacitación tecnológica multidisciplinaria que le confiere una gran flexibilidad y le permite adaptarse con facilidad a un entorno cambiante. Junto con este carácter “general”, su educación debe completarse con una base científica sólida y una razonable especialización en alguna tecnología concreta que le permita contribuir al desarrollo tecnológico de las empresas. Debe ser versátil en el sentido de poder entender el lenguaje de todas las demás especialidades, por lo que su formación es pluridisciplinaria. Esto no representa una ventaja ni una desventaja, sino simplemente una característica de esta rama de la ingeniería y de sus tareas dentro de la industria.

En cuanto al mercado laboral para los ingenieros industriales y su formación, se observa que existe una amplia gama de sectores en donde puede trabajar, así como la posición que podría desempeñar refleja la capacitación que debe recibir de las universidades en donde estudia.

Los conocimientos y habilidades enseñados en dichas instituciones dependen del mercado laboral al que puedan acceder sus egresados. Así vemos que mientras en el norte del país las escuelas de Ingeniería Industrial estuvieron apoyando a la industria maquiladora preparando ingenieros industriales con los conocimientos y habilidades necesarios para trabajar en un ambiente maquilador, en el centro las escuelas están atendiendo un cambio hacia las industrias metalmecánica y automotriz; y en el sureste, están apoyando otras ramas de la industria y, en mayor porcentaje, al sector servicios.

Al observar el crecimiento que ha tenido esta profesión, es notable su pertinencia en el país ya que, dado su amplio campo de acción, es versátil y adaptable, lo que es fácil advertir en la gran demanda que tiene en todas las Instituciones de Educación Superior (IES) del país. En consecuencia, los egresados se han unido en asociaciones de profesionistas para impulsar su carrera, mantener actualizados sus conocimientos y compartir sus experiencias, siendo las más representativas el Colegio Nacional de Ingenieros industriales (CONAI) y la Asociación Mexicana de Ingeniería Industrial (AMII).

La planeación prospectiva en ANFEI

Dentro del programa de trabajo del Comité Ejecutivo 2006-2008 de la ANFEI, se planteó el Programa Genérico 3. *Redes Académicas ANFEI* y en particular, el Programa Estratégico 3.1 *Redes Académicas de Licenciatura*, con el objetivo de establecer esquemas de vinculación académica y sectorial que permitieran integrar una *Red Nacional de Coordinadores de Carreras* estructurada por licenciaturas afines, y una de sus metas era el contar con un perfil profesional idóneo.

Durante este período se conformaron siete *Redes Académicas de Licenciatura*: ingeniería civil y afines, ingeniería eléctrica, electrónica y afines, ingeniería industrial, ingeniería mecatrónica, ingeniería mecánica, mecánica eléctrica y afines, ingeniería química y afines e ingeniería en sistemas computacionales.

La *Red Académica de Ingeniería Industrial* tuvo su primera reunión de trabajo el 15 de febrero del 2008, con la participación de los representantes de doce instituciones: Instituto Tecnológico de Tlalnepantla

(ITLA), Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (FI-UNAM), Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería y Ciencias Sociales y Administrativas del Instituto Politécnico Nacional (UPIICSA-IPN), Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey Campus Estado de México (ITESM-CEM), Instituto Tecnológico Superior de Irapuato (ITESI), Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec (TESE), Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ); Instituto Tecnológico de Hermosillo (ITH), Instituto Tecnológico de Saltillo (ITS), Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP); Instituto Tecnológico de Puebla (ITP) y Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco (UAM-AZC).

Durante esta primera reunión se acordó que las actividades específicas a desarrollar serían: el análisis comparativo de los programas de Ingeniería Industrial —nombre, matrícula, planta académica, perfil de ingreso y egreso del programa, plan de estudios, relación de asignaturas, mapa curricular, número de créditos, duración de la carrera, contenidos de las asignaturas y nivel de equivalencias por áreas de conocimiento, integración de cuerpos académicos, estatus de acreditación y otros niveles de calidad, asociados a estos programas de ingeniería—, así como el análisis de la pertinencia de dicha licenciatura.

Posteriormente, el Comité Ejecutivo 2008-2010 retomó el Programa Estratégico 3.1. *Redes Académicas de Licenciatura* planteando nuevas metas, ya que consideró la gran trascendencia que este tipo de trabajos puede traer a la Ingeniería mexicana, por lo que se reanuda el programa con un nuevo encargo: realizar un estudio prospectivo para cada una de las redes académicas. Reforzados por el *Programa Estratégico de Planeación*, se plantean desarrollar los estudios prospectivos de las redes académicas de Ingeniería Civil, Ingeniería en Sistemas Computacionales e Ingeniería Industrial.

Para la elaboración del estudio de prospectiva de la Ingeniería Industrial, en mayo del 2009 se invita a los integrantes de la Red Académica a un Taller de Metodología Prospectiva, basado en los procedimientos de la *Planeación Prospectiva* (Miklos, 2010), la cual busca, a través del diseño del futuro, una mejor comprensión del presente y de nuestro papel activo en él (Miklos, 2004). Se planteó así una nueva agenda de trabajo para el desarrollo del estudio.

La Red Académica (con la participación de las regiones) continuó los trabajos a fin de extender la metodología para establecer escenarios futuros y estrategias al 2030, por lo que el 6 de junio del 2011, en el marco de la XXXVIII Conferencia Nacional de Ingeniería, se realizó una reunión de trabajo para revisar los avances y establecer el perfil del ingeniero industrial para el 2030, mediante el modelo de planeación prospectiva aplicado para la elaboración del libro *Ingeniería México 2030: Escenarios de Futuro*.

El modelo consideró los siguientes aspectos:

- **Análisis retrospectivo.** Se consideran los elementos del pasado que han sido preponderantes para el desarrollo de la Ingeniería Industrial.
- **Revisión de datos históricos.** Se determinan los datos relevantes con relación al crecimiento poblacional y análisis de los principales indicadores: eficiencia terminal y deserción, entre otros.
- **Análisis FODA.** Revisión de las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas de la carrera de Ingeniería Industrial.
- **Escenario tendencial.** Se describe el escenario tendencial de la carrera de Ingeniería Industrial en el 2030 considerando los aspectos anteriores.
- **Propuestas de los campos innovadores.** Se definen los campos de gran impacto para la carrera de Ingeniería Industrial, con la finalidad de dar respuesta al sector productivo.
- **Escenario futuro.** Se enuncia el futuro de la Ingeniería Industrial en el 2030.

- **Acciones estratégicas.** Se definen las acciones estratégicas a realizar, a fin de alcanzar el escenario futurible para la Ingeniería Industrial.
- **Definición del nuevo perfil del ingeniero industrial.** Con base en lo anterior y considerando todos los escenarios, se construye el nuevo perfil hacia el 2030.

Los puntos que se mencionan se encuentran en el reporte de resultados de la reunión de trabajo efectuada en la Región IV, en donde se presentó la experiencia del Instituto Tecnológico Superior de Irapuato ITESI, integrante de esta Red.

Se toman como referencia algunos de los resultados de dicha reunión:

Establecimiento del Escenario Tendencial

- En el 2030 los y las ingenieros/as industriales serán profesionistas inmersos en organizaciones productivas, capaces de aplicar la innovación tecnológica con una fuerte formación holística y con gran capacidad para integrar conocimientos y resolver problemas complejos.
- Una gran parte de su actividad seguirá siendo la optimización de recursos tecnológicos, humanos y materiales. Serán agentes de cambio en organizaciones con estructura horizontal, explotando las siguientes características: proactivos, innovadores, flexibles, aplicando las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC's), generando nuevo conocimiento, visión global, consciencia sustentable, e integrando paradigmas inéditos.

Establecimiento del Escenario Deseable

En el 2030 el escenario deseable y posible para la Ingeniería Industrial se visualiza con:

- Egresados con reconocimiento académico internacional.
- Carrera con docentes comprometidos con las instituciones.
- Sustentabilidad, igualdad, justicia.
- Ser sensible (humano).
- Tener 100% de profesores de tiempo completo.
- Contar con instituciones educativas comprometidas con la formación de ingenieros industriales, que cuenten con los recursos humanos, económicos y físicos para lograrlo, y que posean espacios ergonómicos y sustentables.
- Carrera con reconocimientos y certificaciones nacionales e internacionales, que cuenten con órganos colegiados reconocidos a nivel mundial.
- Instituciones que ofrezcan un plan de vida a los docentes, con capacitación continua.
- Compromiso con el desarrollo sustentable, respetando las culturas con una visión futurista e innovadora.
- Dirigir la calidad de los productos y servicios continuamente, sin dañar el medio ambiente.
- Conocer y aplicar las normas para generar productos que superen las expectativas de los clientes.
- Ingeniería Industrial totalmente actualizada acorde a los tiempos, ofreciendo planes y programas de estudio que cubran las necesidades del entorno, soportados con una constante capacitación.
- Innovar procesos para los nuevos clientes aplicando tecnologías novedosas y comercializarlos.
- Carrera competitiva en otros países.
- Ser la profesión con mayor demanda en el país.
- Que cuente con apoyos y estímulos gubernamentales que ayuden a su desarrollo.

Establecimiento del escenario futuro

El ingeniero industrial del 2030 debe tener amplios conocimientos de su carrera, ser innovador; con capacidad de generar nuevos productos, con una cultura de desarrollo sustentable aplicando nuevas prácticas de manufactura: elaboración esbelta y producción limpia. Es capaz de programar equipos con controladores, es bilingüe; diseña bienes y servicios para satisfacer las necesidades, aplica y usa las TIC's, innova procesos, capaz de adecuar tecnologías, tiene flexibilidad en la adaptación de los procesos; impulsa proyectos conjuntos con otras ingenierías y áreas de conocimiento, y tiene una visión innovadora de productos, procesos o servicios.

En el año 2012 continuaron las reuniones de la Red Académica de Ingeniería Industrial enfocando su trabajo a la planeación prospectiva de la carrera, por lo que se continuó la integración de experiencias y documentos buscando su difusión. Algunos de los aspectos que se abordaron en cuanto a la tendencia del conocimiento en esta rama de la ingeniería, fueron los escenarios claves consultados en el documento de referencia.

El surgimiento de nuevas tecnologías en las áreas tradicionales de la Ingeniería Industrial y la definición de áreas nuevas, obligan a replantear la configuración que tendrá el campo de acción de los ingenieros industriales. En un futuro próximo, se estima que el egresado desarrollará sus actividades en los siguientes escenarios (González, 2004):

1. **Desarrollo de mejores prácticas de manufactura.** Incluye el uso innovador de recursos o procesos, la integración de grupos efectivos de trabajo en alta tecnología de producción; el *benchmarking* de procesos de elaboración (MPB); metodologías de diseño que engloban un amplio rango de los requerimientos del producto, métodos de diseño y procesos de manufactura para reconfiguración de productos.
2. **Administración de operaciones.** Para este aspecto se deberá desplegar la planeación, desarrollo e implementación de las operaciones en paralelo e incorporar una nueva cultura organizacional en donde el éxito requerirá no sólo de pericia y experiencia sino también de la capacidad de usar el conocimiento rápida y efectivamente, integrando metodologías de diseño flexible y modular, procesos de fabricación y equipamiento maleable, además de materiales y procedimientos adaptables a los cambios.
3. **Sistemas de administración de calidad total.** En el ámbito global la alta calidad es el requisito para competir en el mercado mundial, ya que los fabricantes han mostrado varios conceptos efectivos en la administración de Calidad Total, como el *Costo de Calidad Pobre* (COPQ), *Kaizen* (Mejora continua), *Justo a Tiempo* (JIT); sistemas de control de producción basados en tarjetas (*KANBAN*), *Seis Sigma*, y el sistema a prueba de fallas *Poka-Yoke*. En el futuro, el ingeniero industrial deberá incluir en estos conceptos la Certificación de Productos y Procesos, la Organización Internacional de Estandarización (ISO) y el Despliegue de la función de calidad (QFD).
4. **Administración de la cadena de suministro.** La cadena de suministro es un proceso de la producción que vincula proveedores, fabricantes, minoristas y clientes, para desarrollar y entregar productos como una sola organización virtual. La administración de la cadena es una de las áreas claves que están siendo enfocadas por las principales compañías para ganar ventaja competitiva. En este enfoque será necesario incluir el estudio de conceptos como: reducción de tiempos de preparación y entrega, técnica de cambio rápido de herramienta (SMED); solución de problemas de inventarios, códigos seriales de contenedores de embarque, desarrollo y selección de proveedores, control de costos de operación, desarrollo de asociaciones y alianzas estratégicas, identificación por radio frecuencia (RFID); sistemas de localización en tiempo real (RTLS), códigos de barras y

normas de etiquetado, además de los conceptos tradicionales: almacenamiento y control de inventarios.

5. **Manufactura integrada por computadora.** Es una filosofía que se apoya cada vez más en software integral y amistoso con las actividades de planeación, programación, materiales, diseño, manufactura, ensamble y control de la producción y operaciones de las empresas de bienes y servicios, como en contabilidad y finanzas. Las tecnologías serán, entre otras, desarrollos y utilización de softwares como ERP (*Enterprise requirement planning*), MRP (*Material Requirement Planning*), CRP (*Conservation Reserve Program*), Workflow, CAD (*Computer Aided Design*), CAPM (*Computer Aided Production Management*), CAPP (*Computer Aided Production Planning*), CAM (*Computer Aided Manufacturing*), CAE (*Computer Aided Engineering*), APS (*Advanced Planning and Scheduling*), MRPII (*Manufacturing Resource Planning*), FMS (*Flexible Manufacturing System*).
6. **Manufactura esbelta (*Lean Manufacturing*).** Esta permite la flexibilidad y asegura la habilidad para cumplir con los requerimientos de los clientes, educando a los empleados y trabajadores para encontrar nuevas maneras de eliminar el desperdicio y crear sistemas para mantenerse. Bajo este enfoque, el ingeniero industrial trabajará en la administración del flujo de valor, diseño de celdas de manufactura, las 5S y controles visuales, cambio rápido, mantenimiento productivo total y herramientas Seis Sigma; JIT (Justo a tiempo), KANBAN: celda de trabajo, cero inventarios, sistemas de sugerencias, trabajo en grupo y, Kaizen.
7. **Seguridad y ergonomía.** Los programas de seguridad y ergonomía deberán considerar la relación entre las tendencias industriales y se desarrollarán en la disposición del lugar y estaciones de trabajo, la selección y configuración del equipo, la selección y uso de herramientas, las propuestas de nuevos métodos de trabajo y la programación del mismo.
8. **Gerencia para la competitividad.** El manejo estratégico de las organizaciones será clave para la competitividad. Las técnicas de apoyo serán: Prospectiva y Planeación, Alianzas estratégicas; Indicadores de gestión (*Balance Score Card*), Gerencia de proyectos, Liderazgo, Administración por competencias; Negociación de conflictos, *Empowerment*, Reingeniería, Gestión del cambio, Gestión de sistemas, MEVA (Administración con base en el valor agregado), Administración del riesgo, Costeo por actividades (ABC), Tercerización (*Outsourcing*), Six Sigma, 5S's, B2B *eBusiness* (*Business to business*), CRM (*Costumer Relationship Management*), BI (*Business Intelligence*), ISO (*International Standardization Organization*).
9. **Diseño e innovación de productos.** La innovación y el diseño son actividades primordiales para la competitividad de las empresas. La industrias centraran su atención no sólo en el diseño de sus procesos de fabricación sino en el diseño de sus productos. Será un punto clave el desarrollar generaciones de productos con alto valor agregado, respetuosos del medio ambiente, basados en las necesidades de los clientes, ecoeficientes; para ello, se utilizará el desarrollo rápido de prototipos y se incluirán los aspectos de Ingeniería concurrente, Ingeniería de producto, Ingeniería de servicios e Ingeniería de procesos.

En términos generales, lo que se ha buscado con las diferentes metas y acciones planteadas para las Redes Académicas es compartir, identificar y divulgar experiencias exitosas y no exitosas, estableciendo vías de diálogo e intercambio, así como de cooperación y acción conjunta en temas de interés común para las diferentes instituciones que conforman la ANFEI, a través de la colaboración y de mecanismos basados en el conocimiento y la confianza mutua.

El Comité Ejecutivo 2012-2014 de la ANFEI retomó el trabajo de *Estudio de planeación prospectiva. Ingeniería Industrial en México 2030: Escenarios de futuro*, y llevó a cabo una reunión en la que se empieza a visualizar a sí mismo como grupo de trabajo de planeación prospectiva derivado de la Red Académica, con la integración de nuevos participantes (algunos ya habían participado en dicha red: UAM-AZC, ITESI, Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP), UACJ, ITESM-CEM, Instituto Tecnológico de Matamoros (ITM), Instituto Tecnológico de San Juan del Río (ITSJR), Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), Universidad Autónoma de Yucatán (UADY).

En esta nueva etapa, el Doctor Juvencio Roldán, jefe del departamento de Vinculación y Educación Continua, Facultad de Ingeniería de la BUAP, propuso retomar el estudio con la metodología de *Global Business Network*, que se basa a su vez, en la *Planeación por escenarios* de Pierre Wack, sistema procedimental fundamentado en una serie de pasos bien estructurados para la *Creación de Escenarios Futuros* —en el caso específico de la Ingeniería Industrial—, lo que conduce al grupo de trabajo a una nueva experiencia, cuya aplicación y resultado se describe en el siguiente capítulo.



METODOLOGÍA

La creación de escenarios futuros basada en el método prospectivo de *Global Business Network* y utilizado para realizar el ejercicio de prospectiva estratégica de las ingenierías de la ANFEI, se realizó durante varios meses y de acuerdo con la secuencia que se describirá en este apartado.

1. Se definió con precisión cuál es su sentido, para qué sector o subsector, para qué horizonte de tiempo. En el caso de los ejercicios descritos en este texto, se determinó que los resultados visualizados deberán conducir a propuestas de iniciativas estratégicas que permitan a las carreras de Ingeniería involucradas una perdurabilidad exitosa durante las siguientes tres décadas, a pesar de los vertiginosos cambios tecnológicos que se han apreciado los últimos años.

En el caso concreto de la práctica realizada por académicos miembros de la red ANFEI e invitados, el objetivo se pudo definir de la siguiente forma:

Identificar los riesgos que enfrentarán las diversas ingenierías en México, a través de descripciones de escenarios y ambientes alternativos del año 2030, a fin de generar desde hoy, iniciativas estratégicas que permitan a los estudiantes de estas instituciones hacer frente exitosamente a los retos futuros, manteniéndose vigentes y contribuyendo así al desarrollo nacional.

2. Se integró un equipo de trabajo que incluyó expertos en los temas implícitos y otros campos alternos, asegurando su participación voluntaria y promoviendo el pensamiento abierto y crítico. Asimismo, tuvimos invitados que laboran en el sector productivo; sus nombres aparecen en la lista de créditos de los ejercicios correspondientes.
3. En la primera sesión de cada evento, se destinaron 3 a 4 horas para explicar a los participantes el método de planeación de escenarios futuros de *Global Business Network*, sus orígenes y precursores, a través del análisis de casos de aplicación en sectores varios en diversos lugares del mundo. Se definieron los objetivos del taller y se marcaron pautas de participación que serán descritas en este mismo documento.
4. Una vez sensibilizados y documentados sobre el ejercicio, se procedió a realizar lluvias de ideas apoyadas en una herramienta especial para tales fines y con la que se cuenta en la Benemérita

Universidad Autónoma de Puebla: el *Laboratorio de Ideas*. Tal instrumento informático permite a cada participante (que puede mantener su anonimato a través de un pseudónimo) escribir sus conceptos—con libertad y sin las inhibiciones que suelen tener algunas personas en este tipo de dinámicas—en un teclado conectado a una computadora central que concentra las diversas opiniones en una retícula visible para todos a través de un proyector. Se les instruye sobre el uso de la herramienta, hacen pruebas y se asigna un tiempo cronometrado para escribir todas las ideas posibles. En este ejercicio debieron lanzar impresiones expresadas en “oraciones significativas originales”, que respondían a la siguiente pregunta: ¿Cuáles son las fuerzas ambientales y factores cruciales que determinarán el futuro de la ingeniería industrial/sistemas computacionales para el año 2030?

Previo a la pregunta, se les planteó que tales fuerzas ambientales y factores cruciales suelen ser disrupciones o tendencias en consolidación que se presentan en las perspectivas tecnológicas, ambientales, geopolíticas, demográficas y socioculturales, aunque para efectos de la lluvia de ideas no tienen que clasificarlas en grupos; sólo deben escribirlas con libertad. Sin embargo, sí se les aclara que a fin de que el ejercicio sea más productivo y ágil, deben considerar algunas restricciones:

- a. **NO** usar verbos en sus sentencias, debido a que muchos incurren en el error de confundir esta etapa con la propuesta de iniciativas estratégicas. El verbo mueve a la acción convirtiéndola así en estrategia, siendo que esta etapa nos proporciona un diagnóstico del futuro, una visión de los riesgos en que se incurrirá, no más.
- b. Ser explícitos con las ideas, no dejarlas en ambigüedades. Evitar usar una sola palabra para describir el concepto. Deben usar sustantivos con adjetivos en frases cortas pero que tengan un sentido completo que, sin embargo, quepan en una sola oración; no escribir un párrafo completo y redundante que diga poco. Deben ser capaces de sintetizar su opinión en una frase de no más de 10 palabras. Un solo término dice muy poco, no proporciona un panorama del impacto de tal evento en el futuro del sector tratado. (En la sección correspondiente a los resultados de esas lluvias de ideas podrán ver algunos ejemplos de la forma correcta de expresarlas).
- c. Los conceptos vertidos deben ser reveladores, preferentemente. Los resultados del ejercicio no solo están obligados a legitimar las intuiciones y visiones de los participantes, sino también revelar posibles escenarios que la gran mayoría no hayan contemplado. Así pues, las fuerzas ambientales y factores cruciales propuestos en esta etapa deben formar parte de tendencias en consolidación o bien, fuerzas que aunque actualmente muestren señales débiles, en un futuro marcarán nuevas tendencias y provocarán quiebres importantes, desplazamientos radicales de las actuales formas de hacer las cosas o sustitución tecnológica. Tales ideas, tendencias o disrupciones identificadas pueden ser resultado de leer publicaciones de buena reputación sobre tecnologías, asistencia a congresos reconocidos, conversaciones con personas que trabajan en organizaciones o empresas que tienen y necesitan tecnologías vanguardistas. Las lecturas no tienen que ser necesariamente artículos de *journals* indexados con alto impacto. Tales textos y contactos ayudan a vislumbrar factores de disrupción y consolidación de tendencias, pero no exige un rigor científico en las propuestas, puesto que el ejercicio tiene un nivel moderado de especulación e imaginación.

El seguimiento correcto de estas pautas facilita las siguientes etapas.

En esta fase se obtiene un rango de 10 a 15 ideas por participante, así que en los grupos de nuestros ejercicios se obtenían hasta 200 opiniones; muchas de ellas repetidas, algunas aisladas, otras disruptivas, de acuerdo a la formación de cada participante.

Identificación de grupos de afinidad

Después de una prolífica sesión de lluvia de ideas se podrá observar que muchas de éstas se repiten y/o pueden ser muy parecidas, tanto morfológica como semánticamente. Esto revelará y marcará la legitimidad de una tendencia consolidada o en proceso de consolidación por varias décadas, hechos que son evidentes para la mayoría. Pero también pueden destacarse algunos factores que sólo fueron mencionados una vez por algún participante y que marcan un hito, disrupción tecnológica, demográfica o geopolítica. Tal factor o fuerza ambiental podría generar un nuevo rumbo alternativo que en el futuro podría consolidarse. Así pues, el facilitador no debe omitir o minimizar tales conceptos por el hecho de que sólo hayan sido enunciados por una o dos personas. Debe poner a consideración del grupo de panelistas si ese factor podría amplificarse y llevar a nuevos escenarios. Seguramente, dada la libertad de expresión en esta etapa del ejercicio, habrá muchas nociones no solamente repetidas sino sin significado, que no tengan un posible impacto en el sector trabajado. El moderador deberá inducir al grupo a hacer la síntesis de todas las ideas aportadas, mencionadas muchas veces o pocas, que deberán agruparse semánticamente o por su impacto en el sector. Tal agrupación no tiene que ver con el origen de las fuerzas, es decir: tecnológicas, ambientales, demográficas, geopolíticas o socioculturales, sino por su impacto holístico en el futuro.

No es fácil hacer tal identificación de grupos de afinidad, requiere de pensamiento intuitivo, análisis y síntesis; durante el proceso, pueden darse constantes discusiones entre los participantes, que pueden ser muy intensas pero son estratégicas porque es un ejercicio mental verbalizado en el que no deberá haber ganadores o perdedores, sólo conclusiones suavizadas. El mediador debe permitir e incluso estimular estos debates aunque se tomen tiempo, ya que esto le dará legitimidad al ejercicio además de permitir lograr hallazgos reveladores. La responsabilidad de que los grupos de afinidad sean representativos del universo de ideas y a la vez reveladores, recaerá sobre el facilitador, en la correcta y equitativa forma de permitir la participación y de su capacidad de sintetizar. Los ejercicios llevados a cabo con los miembros de ANFEI son ejemplos de tales síntesis.

La fase de identificación de grupos de afinidad es la clave para que la etapa siguiente sea fructífera y menos compleja: es la determinación de los vectores sobre los que se mapean los diferentes escenarios futuros.

Determinación de vectores

Aunque en el proceso de identificación de grupos de afinidad serán descartados varios factores por su escaso impacto, por la ambigüedad con que fueron descritos o por su redundancia, es probable que puedan resultar más de cinco grupos con cierta homogeneidad semántica o de efecto y algunas ideas quedarán tan aisladas que serán descartadas. En esta fase se deberá cuidar que los grupos puedan convertirse e identificarse los vectores, ya que estos dan identidad y significado a los escenarios. Para lograrlo, deberán tomarse en cuenta los siguientes aspectos:

Dos vectores cruzados al centro forman un plano cartesiano o una matriz de dos por dos, con cuatro cuadrantes que se sitúan a los lados del vector que cruza a su correspondiente eje. Así, cada vector, al tener dos extremos opuestos, refleja características de las orientaciones correspondientes en que se ubica, y el cuadrante resultante del cruce con otro vector representará particularidades de dos orientaciones diferentes de dos ejes diferentes. Es la intersección y confluencia de fuerzas ambientales y factores cruciales agrupados por afinidad, la que conllevará a la identificación de los posibles y diversos ambientes alternativos o escenarios futuros.

Cabe cuestionar: si resultaron más de dos grupos de afinidad en la lluvia de ideas, tal vez cinco o seis, entonces, ¿Cuáles son los grupos que se elegirán para ser tomados como vectores de la matriz? ¿Puede o debe haber más de dos vectores?

Existen varios casos en que por decisión consensuada del grupo de expertos se quedaron tres vectores ya que se consideró que todos son relevantes y reveladores, dando así lugar a un cubo de ocho cuadrantes o escenarios. Además de que habría muchas redundancias al realizar las descripciones de cada uno, sería muy difícil identificar plenamente sus riesgos ya que pueden volverse inmanejables tantos escenarios; en consecuencia, se procede a eliminar algunos bajo los criterios de similitud, poca factibilidad o ser poco revelador. En ciertas ocasiones pueden quedar cinco cubos de escenarios, cada uno mostrando características de tres orientaciones de tres vectores diferentes, como ocurrió en el ejercicio de escenarios futuros de la *Ingeniería Industrial 2030 en México*. Hay casos documentados en que dejaron solamente cuatro cubos en tres vectores, como en el *Futuro del Internet*, realizado por CISCO y GBN; sin embargo, la meta debe ser dejar solamente dos vectores, eliminando grupos de afinidad con los siguientes criterios:

- Bajo grado de impacto en el sector (intuitivamente y determinado por consenso).
- Tiempo restante de impacto. Puede ser que los factores del grupo de afinidad vayan en declive.
- Dos grupos que a pesar del proceso anterior se siguen pareciendo mucho, así que, por su impacto, se fusionan. De ellos podría surgir un vector revelador cuyas orientaciones estén dadas por los grupos de afinidad que lo conforman. Esto se explicará más adelante.
- Están demasiado consolidados y no revelan nada nuevo.

Como criterios para determinar cuáles si dejar y convertir en posibles vectores pueden considerarse los siguientes:

- Uno de los grupos de afinidad a convertirse en vector debería representar una disrupción, que usualmente será tecnológica aunque puede ser geopolítica o sociocultural. Esto ordinariamente otorgará un carácter revelador a los escenarios.
- Uno de los grupos debe ser una tendencia en consolidación, es decir, eventos que ya ocurren. Son muy visibles pero relativamente nuevos, de una década o menos al momento, y que se consolidarán durante los próximos años como una tendencia irreversible.

Aunque es más fácil una simple eliminación (la cual se sugiere para comenzar), es necesario sintetizar en vectores los grupos de afinidad restantes, bajo los criterios mencionados; esto hará más reveladores los escenarios identificados. No hay que perder de vista que es una actividad con cierto carácter especulativo, intuitivo, imaginativo y cualitativo. Así, del total de grupos de afinidad identificados debe sintetizarse para convertirlos en los ejes de nuestra matriz o cubo de escenarios. Es un ejercicio complejo pero productivo pues los grupos de trabajo suelen entrar en estado de flujo creativo inducido por el facilitador.

Bajo los criterios sugeridos para determinar vectores —factores disruptivos y tendencias consolidadas— se dibujan la matriz o el cubo y se proponen las orientaciones de las líneas a seguir, es decir, qué tendencia o riesgo representará cada lado del vector considerando que al ser cruzado se parte en dos. En algunos ejercicios suelen, por simpleza, asignar orientaciones contrapuestas; por ejemplo, si se consolida una tendencia o no, si un riesgo es alto o bajo, si una tendencia es positiva o negativa. Sin embargo, la experiencia demuestra que no es la única forma de orientación y que puede ser poco revelador. En muchas ocasiones, con algo de imaginación o como resultado de la fusión de dos grupos de afinidad similares, pueden identificarse orientaciones diferentes aunque no contrapuestas. Los ejercicios con ANFEI son ejemplos de que se puede, y existen experiencias en otros casos que así lo demuestran.

Una vez que se dibuja la matriz con los vectores cruzados y quedan identificadas las orientaciones de cada cuadrante, es posible enunciar en voz alta algunas de las características, riesgos e impactos cruzados de cada escenario, de tal forma que los participantes comienzan a imaginarlo e identificarlo para proceder a la siguiente etapa: darle nombre a cada escenario.

Identificación de escenarios futuros

Asignar nombres a los escenarios tiene un sentido didáctico e identificativo. Las novelas, las películas, los cuentos, las historias en general tienen nombre, y ya que los escenarios futuros son descripciones de ambientes alternativos que develan los riesgos, impactos, tendencias, disrupciones y otros factores que marcarán el futuro de un sector, deben llevar nombre. En esta etapa, se sugiere otra lluvia de ideas bajo los siguientes criterios:

- Utilizar palabras que estén implícitas en el vector o en su orientación, estructurando en forma de oración con sustantivos y adjetivos.
- El nombre final debe ser corto, no más de 6 palabras incluidos artículos y/o preposiciones.
- Debe reflejar en pocas palabras el sentido del escenario.
- Puede asociarse con elementos de alguna película, novela, obra de teatro, deporte, obra artística, etcétera, que permita su rápida identificación y retención. Puede incluso ser una palabra compuesta no existente en el diccionario de la RAE, pero que cumpla con los criterios mencionados.

La adecuada asignación de nombre a cada escenario, facilitará la realización de la siguiente etapa: narrativas de los escenarios.



Desarrollo del estudio

Propuesta de Escenarios. Experiencia en la aplicación

Considerando las aportaciones realizadas por el grupo de trabajo basado en la *Metodología de Planeación Prospectiva* (Miklos, 2010), en el año 2013 se tuvo otra reunión de seguimiento en la que se analizó y aprobó continuar con el estudio con una nueva técnica basada en la metodología de *Global Business Network*, que se basa, a su vez, en la “Planeación por escenarios” de Pierre Wack, método procedimental desarrollado a través de una serie de pasos bien estructurados para la creación de escenarios futuros, aplicándose de nuevo a la Ingeniería Industrial. Se inició con el uso del “Laboratorio de Ideas”, con el objetivo de lograr una descripción de ambientes alternativos en los que se podría desenvolver esta profesión en el año 2030, que permitiera —en ejercicios posteriores— elaborar un análisis FODA así como proponer estrategias de actualización académica y lograr un mejor posicionamiento de la carrera en América Latina.

Siguiendo el método se llegó a los siguientes ocho grupos de afinidad de la integración de fuerzas ambientales y/o factores cruciales que incidirán en el futuro de la Ingeniería Industrial para 2030:

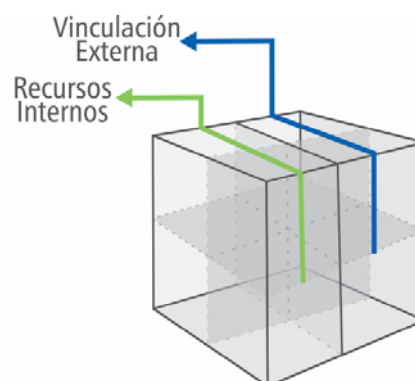
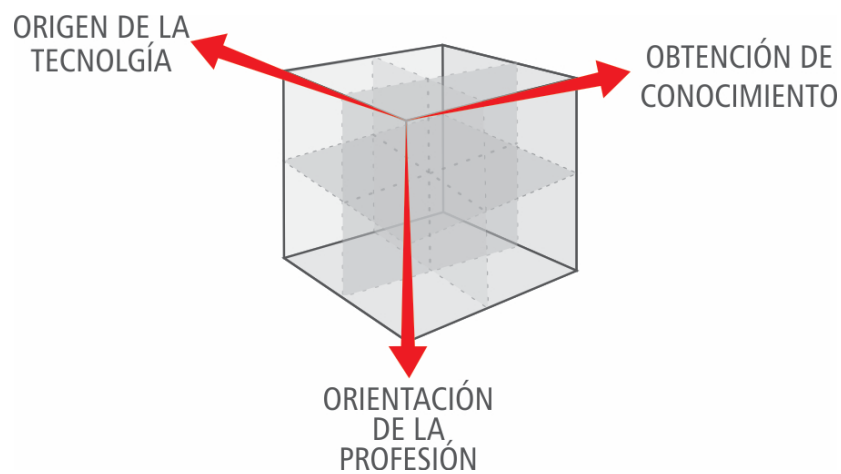
1. Sustitución de los procesos de manufactura y tecnología actuales (tecnologías emergentes).
2. Uso de energías alternativas y desarrollo sustentable.
3. Tendencia al requerimiento adicional de especialización y validación de conocimientos por terceros (certificación).
4. Nueva cultura de trabajo flexible, humanizado y colaborativo, de orden global.
5. Tendencia a la diversificación de la actividad ingenieril fuera de grandes empresas.
6. Tendencia al diseño (estético) y desarrollo local (funcional) de nuevos productos y servicios.
7. Competitividad globalizada y decaimiento en la demanda de ingenieros industriales.
8. Cambios en el comportamiento de la industria derivados del bono poblacional y otros fenómenos demográficos.

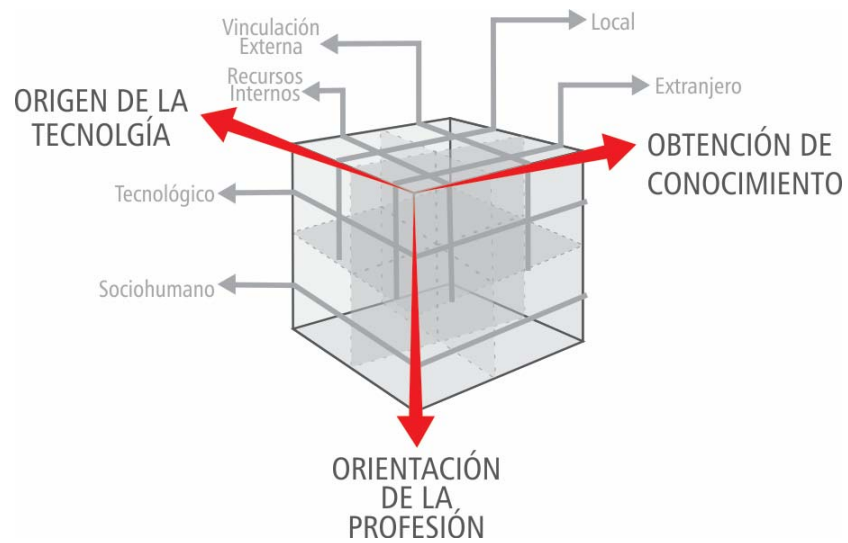
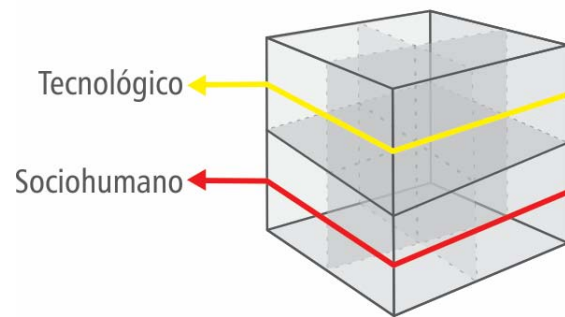
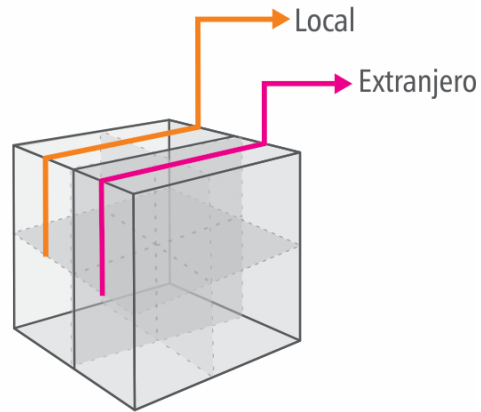
Con base en la evaluación (votación ponderada) realizada por todos los integrantes, se llegó a la definición de tres vectores combinados en dos matrices.

Vectores



Después de una reflexión profunda acerca de los vectores y escenarios que se obtuvieron, se decidió integrar los tres vectores en un arreglo tridimensional para así construir escenarios.



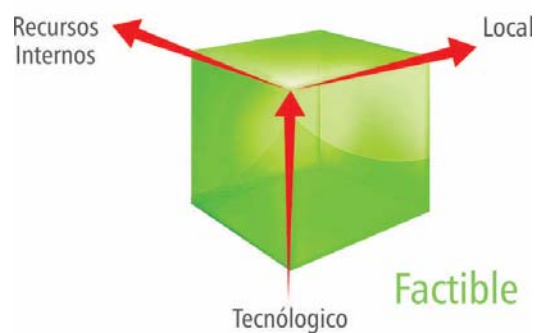


Selección de los escenarios factibles

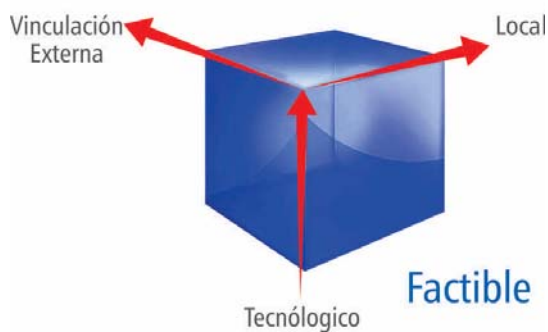
Como parte del ejercicio se identificaron ocho escenarios, de los cuales —tras realizar un análisis grupal— se consideró que solo cinco cumplían con los criterios de ser factibles y reveladores. Se muestran a continuación, con una denominación propuesta por los integrantes del grupo que les otorgase una mejor identificación.

Identificación de Escenarios Futuros

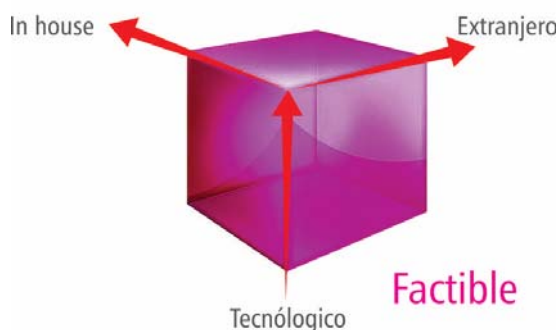
Ironman Azteca



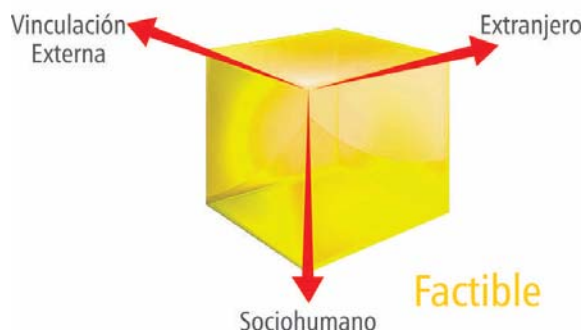
Los Increíbles



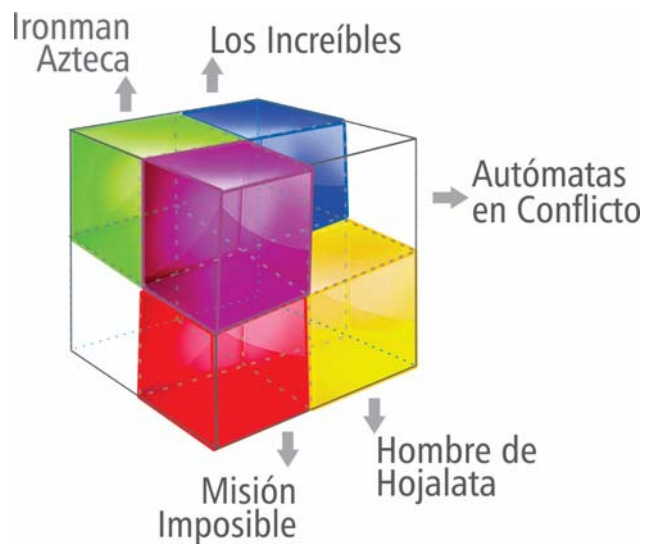
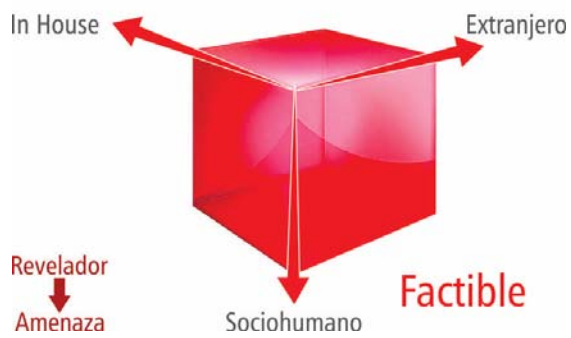
Autónomas en Conflicto



Hombre de Hojalata



Misión Imposible



Después de haber asignado nombres a los escenarios, se procedió a realizar la descripción y narrativa de cada uno de ellos como si fuera una novela o un breve guion de película sobre hechos que sucederán en los próximos años.

Análisis de escenarios con base en narrativas

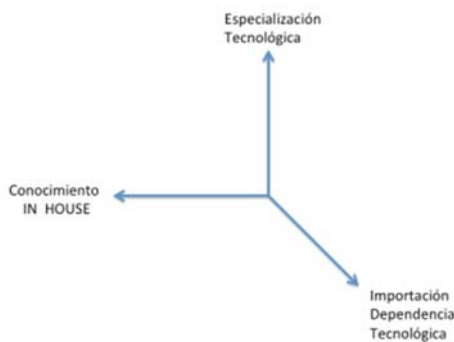
Narrativas de los Escenarios Prospectivos de la Carrera de Ingeniería Industrial en el 2030

Por Juvencio Roldán

A continuación, se presenta la narrativa de cada uno de los escenarios en donde se puntualiza el momento clave y el personaje clave.

1. Autónomas en conflicto.
2. Hombre de hojalata.
3. Ironman azteca.
4. Los increíbles.
5. Misión imposible.

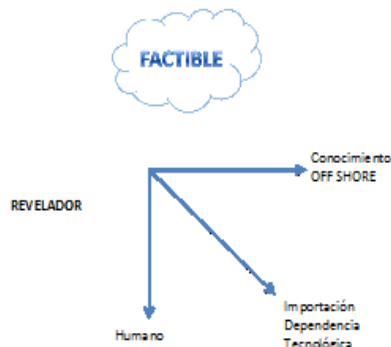
Escenario 1. Autónomas en conflicto



Los sentimientos encontrados de Pánfilo Valdivia

Síntesis: Esta narrativa describe la intersección de las siguientes 3 fuerzas: obtención del conocimiento — primordialmente dentro del ámbito universitario— y una orientación de la Ingeniería Industrial hacia la especialización tecnológica, en un entorno en el que prevalece aún la dependencia de tecnología extranjera. El esfuerzo por proveer alta formación técnica en los ingenieros industriales no da frutos en empresas domésticas, en términos de un mayor desarrollo tecnológico. Los egresados logran colocarse en las compañías extranjeras que siguen instalándose en los países en desarrollo, aunque con muchas limitaciones profesionales (Anexo 1).

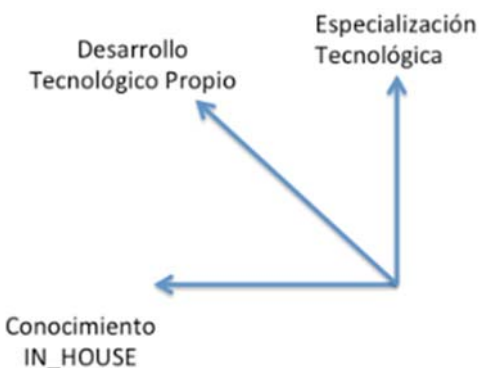
Escenario 2. Hombre de hojalata



El despertar de Íñigo Ropez

Síntesis: En este escenario, resultado de la intersección entre una orientación hacia la obtención del conocimiento a través de instituciones certificadoras externas, ocurren una orientación de la Ingeniería Industrial hacia los factores socio-humanos y una persistente dependencia de la tecnología extranjera; los ingenieros industriales mexicanos del futuro lidian con sistemas de producción automatizados en extremo, mayores retos de innovación, productividad basada más en el uso de las habilidades mentales de los trabajadores que en la tecnología, lo que tiende a convertirse en un *commodity*. Por otro lado, tal formación —tecnológica o humana— la adquieren más en la práctica cotidiana que en las aulas de clase y es, a su vez, validada por instituciones certificadoras externas que han derivado de la práctica empresarial más que de las aulas de clase, los cubículos de profesores o los libros de texto. Sin embargo, tanto ellos como la sociedad mexicana en general, siguen dependiendo de la importación del conocimiento científico y de las innovaciones disruptivas. Las opciones de desarrollo de los profesionistas del 2030 siguen siendo las grandes compañías de capital extranjero que maquilan en los países de América Latina por sus ventajas geográficas y de mercado, y también porque encuentran que (pese a ser profesionales competitivos) aceptan sueldos más bajos que los de otros países más desarrollados. Esto revela cierta resignación de los ingenieros a sólo dedicarse a gestionar las tecnologías importadas en empresas de origen extranjero, sin importar la nacionalidad (Anexo 2).

Escenario 3. Ironman azteca



Los dilemas de Ivanna Rivas

Síntesis: En este escenario, resultado de la intersección entre las orientaciones de obtención del conocimiento preponderantemente dentro del ámbito universitario, se encuentra una orientación de la Ingeniería Industrial hacia la especialización tecnológica sobre la humana y una inesperada evolución industrial cimentada en el desarrollo tecnológico de empresas nacionales. Las industrias mexicanas del 2030 han logrado una exitosa evolución global basada en el desarrollo tecnológico propio, a pesar de la orientación endogámica de las instituciones de educación superior y de los programas del gobierno federal de apoyo a la innovación tecnológica en las empresas vinculadas con universidades que posean una mayor orientación a la especialización tecnológica de sus estudiantes. Aunque tal orientación ha tenido un impacto positivo en el desarrollo tecnológico, los egresados enfrentan algunas carencias que limitan otros aspectos del crecimiento de las empresas de América Latina (Anexo 3).

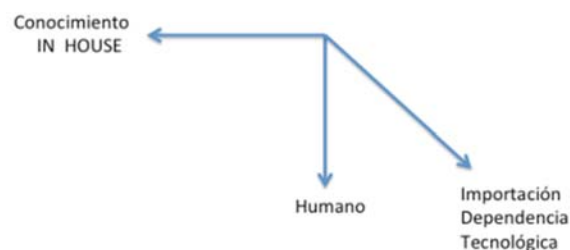
Escenario 4. Los increíbles



Recuerdos frente a una botella de vino tinto

Síntesis: Según esta descripción de ambiente alternativo, los ingenieros industriales del futuro se fortalecen en conocimientos tecnológicos soportados principalmente por una mayor vinculación con el sector productivo, los intercambios académicos y los cursos de certificación con organizaciones especializadas. La profesión no pierde su esencia; las fortalezas de especialización tecnológica —en sinergia con un mayor desarrollo tecnológico de las empresas nacionales— generan nuevas oportunidades de trabajo en pequeñas compañías integradas a las estrictas cadenas globales de suministro. Las habilidades sociales y humanas pierden importancia en la estructura curricular, pero se ven complementadas por las estancias en las empresas y por la integración a equipos multiculturales de intercambio. El desarrollo tecnológico nacional se fortalece (Anexo 4).

Escenario 5. Misión imposible



Los tropiezos de José María

Síntesis: En esta descripción de ambiente alternativo confluyen las directrices: obtención del conocimiento primordialmente dentro del ámbito universitario, una orientación de la Ingeniería Industrial hacia factores más humanos y de sustentabilidad ambiental, y una persistente dependencia de la tecnología extranjera, lo que conlleva a cierta conformidad en limitarse a ser maquiladores y manejar recursos humanos. Al confundirse su profesión con otras carreras, los egresados se encuentran con mayores barreras para encontrar empleo e iniciar negocios propios, dados la pobre formación técnica y el débil vínculo con los sectores productivos y otras instancias externas (Anexo 5).



PROPUESTA DE ESCENARIO PROBABLE Y POSIBLE

Análisis de Fortalezas, Debilidades y Riesgos

Fortalezas

- Alta apertura a la multiculturalidad e interdisciplina.
- Dominio del idioma inglés.
- Formación en probabilidad y estadística.
- Mayor uso de herramientas de simulación en comparación con otras.
- Alta demanda en sector manufacturero y de servicios.
- Enfoque integrador.
- Materias financieras.
- Formación en capital humano.
- Habilidades de comunicación.
- Manejo de herramientas para toma de decisiones.
- Conocimiento de cadenas de suministros.
- Dominio de sistemas de calidad.

Debilidades

- Menor formación en procesos de manufactura y mecánica.
- Commoditización de la carrera.
- ¿Falta de identidad?
- Nulos conocimientos de diseño.
- Competencia con carreras de alta especialización.
- Baja formación en diseño de herramientas y equipos.
- Baja formación y vocación por las ventas.

Riesgos

- Sustitución de los procesos de manufactura y tecnología actuales (tecnologías emergentes, evolución de la producción).
- Uso de energías alternativas y desarrollo sustentable. Logística inversa.
- Tendencia al requerimiento adicional de especialización y validación de conocimientos por terceros (certificación).
- Nueva cultura de trabajo flexible, humanizado y colaborativo de orden global.
- Tendencia a diversificar la actividad ingenieril fuera de grandes empresas.
- Competitividad globalizada y paradoja: desempleo versus escasez de talento.
- Cambios en el comportamiento de la industria derivado del bono poblacional y otros fenómenos demográficos.

Objetivos Supremos e Iniciativas Estratégicas

Objetivo supremo 1

Formar ingenieros industriales con capacidad para integrar conocimientos tecnológicos y habilidades sociales, mejorando la competitividad a través de mayor productividad e innovación en todos los sectores económicos.

Iniciativas estratégicas

- Identificar qué conocimientos tecnológicos y habilidades sociales requieren los ingenieros industriales del futuro, para así incidir efectivamente en la competitividad de sus respectivos entornos regionales (*Focus Group*, estudios de SEDECO, Banco Mundial, OCDE, OIT).
- Propiciar la transversalidad de los mapas curriculares entre diversas áreas del conocimiento consideradas como no relacionadas con esta carrera, pero que coadyuven a la aportación de conocimientos tecnológicos emergentes, creatividad (diseño conceptual) y habilidades sociales que no provee la formación tradicional.
- Fortalecer la movilidad a través de proyectos de investigación conjunta, homologación de asignaturas, apoyos económicos, becas empresariales u otras iniciativas estudiantiles que fomenten la multiculturalidad, la adquisición de conocimientos y habilidades, el dominio de idiomas, las experiencias de vida y la solución de problemas,
- Generar esquemas flexibles de incorporación a la academia de profesionales con experiencia en el ejercicio de la carrera, que contribuyan al enriquecimiento de la formación de los ingenieros industriales.
- Construir los mecanismos que permitan una vinculación temprana basada en proyectos con los sectores productivos de diversos tamaños, con apoyo de incentivos económicos gubernamentales en los casos de pequeñas empresas.
- Ampliar los apoyos de instancias gubernamentales a proyectos productivos y de investigación aplicada entre universidades y sectores productivos.
- Impulsar la creación de un sistema alternativo de investigación aplicada y proyectos para la productividad, que sea reconocido como producción académica y tan válido como la pertenencia al SNI, así como lograr el reconocimiento de cualquier instancia de evaluación de productividad académica alineado a una estrategia de desarrollo regional y con la profesión (articulado con los programas ya existentes).

Objetivo supremo 2

Gestionar el establecimiento de una regulación más estricta para el otorgamiento del registro de carrera a instituciones públicas y privadas que no garanticen la calidad de sus egresados.

Iniciativas estratégicas

- Sugerir la creación de un comité de vigilancia en el cumplimiento de los criterios de evaluación para el otorgamiento y vigencia de los registros de carrera a instituciones públicas y privadas.

Objetivo supremo 3

Participar decididamente en los procesos de certificación y/o validación de conocimientos específicos otorgados por organismos terceros.

Iniciativas estratégicas

- Fortalecer el poder de negociación de las universidades y tecnológicos formando agrupaciones regionales ANFEI con las que se logren economías de escala, para así exigir reducciones sustanciales de las cuotas de certificación,
- Gestionar apoyos de PROMÉXICO y SEDECO para pagar —en vinculación con empresas— certificaciones de competencias profesionales de estudiantes.
- Crear nuestros propios organismos certificadores respaldados por Cámaras, instancias gubernamentales y academia.
- Impulsar la certificación de los docentes de tiempo completo en las correspondientes áreas de especialidad.



CONCLUSIONES

ESCENARIOS FUTUROS DE LA INGENIERÍA INDUSTRIAL 2030 EN MÉXICO

El ejercicio realizado por docentes e investigadores de las carreras de Ingeniería Industrial de las instituciones miembros de ANFEI acompañados por algunos personajes del sector productivo industrial, dio lugar a intensas conversaciones estratégicas, debates y legitimación de ideas reflejadas en varias percepciones, confirmación de hechos, temores y esperanzas de sus participantes. Muchos de ellos pudieron constatar que tales apreciaciones eran compartidas por colegas en diversos lugares de la República Mexicana, aún en contextos diferentes, dándose así un proceso de legitimación de ideas. Otros pudieron identificar disrupciones tecnológicas que marcarán el rumbo de la profesión de los próximos 15 años en adelante, con sus correspondientes riesgos —llámense amenazas u oportunidades—. A continuación, se enuncian algunas conclusiones de tal ejercicio.

1. El acelerado avance tecnológico en disciplinas disruptivas como la nanotecnología, impresión en 3D, biotecnología, robótica, tecnologías de la información y otras, transformarán radicalmente los sectores empresariales en que se suelen emplear o emprenden la mayoría de los ingenieros industriales, como en la fabricación y ensamble en los sectores importantes de México: automotriz, electrónico, textil, alimentos, farmacéutica, muebles, equipos industriales, etc.

Tales transformaciones implicarán un menor requerimiento de trabajadores, procesos administrativos sistematizados o automatizados por tecnologías de información, diseño de productos más compactos y simplificados o con menos partes y ensambles; equipos con sensores que registran especificaciones y detectan defectos por sí solos, algoritmos de decisiones operativas, equipos autónomos de registro de inventarios, cámaras inteligentes que toman tiempos por sí mismas, máquinas CNC con tiempos de cambios de serie de unos cuantos segundos, entre otros impactos que a su vez determinarán la necesidad y forma en que se emplearán los ingenieros industriales en los próximos años. Puede reflejarse en menor necesidad de estos (de acuerdo con las labores que desempeñan actualmente) o en una evolución necesaria hacia otras habilidades. La robótica, la automatización y sistematización de procesos

administrativos ya no son disrupciones sino tendencias consolidadas e irreversibles, que desplazan cada año tanto a trabajadores de cuello azul como de cuello blanco. Así, los ingenieros industriales del futuro difícilmente harán lo que hicieron en los últimos años. Más aún, la nanotecnología, la impresión 3D y la biotecnología sí son disrupciones que se consolidarán en las siguientes décadas, trayendo consigo cambios radicales en la fabricación de bienes, procesos de manufactura, líneas de ensamble y cadenas de suministros, que ponen en grave riesgo la perdurabilidad de la profesión.

Los ingenieros que se forjan hoy no cuentan con la formación técnica para entender, diseñar procesos o aplicar tales tecnologías. Uno de los grandes dilemas a lo largo del ejercicio fue si los ingenieros industriales deberían tener una educación técnica-científica más robusta y especializada, o si deben dominar más disciplinas tecnológicas. Los escenarios incorporan los resultados de tales debates y sus riesgos consecuentes.

2. La globalización se ha consolidado también como tendencia y con ella, la paridad tecno-económica que crea una competencia general de habilidades y conocimientos dentro de nuestro mismo territorio. Tal paridad no solamente obliga a comunicarse con gente de todo el mundo en inglés, alemán o chino, sino a entender y adaptarse a otros ambientes culturales, a respetar la diversidad y heterogeneidad de los ámbitos de trabajo ubicuos por las TI.

Tal diversidad y heterogeneidad se aprecia también en términos de multidisciplinariedad y mayor inclusión de género, orientación sexual y capacidades diferenciadas, factores que condujeron a una discusión que puede parecer poco reveladora pero sí legítima: los ingenieros industriales de hoy o los que se formarán en el futuro, ¿cuentan o contarán con las habilidades socio-culturales suficientes para desenvolverse exitosamente en tales ambientes? Los entornos educativos actuales, ¿les proveen el ámbito requerido para desarrollar tales habilidades? En este contexto entonces, ¿qué deberá tener más peso, los conocimientos tecnológicos o las habilidades socio-culturales? Parecería que la respuesta es obvia, pero todos los que nos dedicamos a la educación conocemos las restricciones que existen en la conformación de la currícula académica, como números máximos de créditos y tiempos de terminación de carrera, contrataciones de profesores e infraestructura física. Los escenarios descritos incluyen los resultados de este debate.

3. Existen diversas organizaciones que han pretendido apropiarse de conocimientos, dominio de prácticas y lenguaje, y que se autoerigen como certificadoras de tales saberes al haber redactado materiales y/o textos que comparten en cursos y exámenes correspondientes, en muchos casos cobrando onerosas tarifas para extender tales certificaciones. Así, encontramos a asociaciones como APICS y AIAG entre otras, que gozan del aval de importantes empresas que así aseguran el dominio de temas específicos por los ya certificados, sin importarles que haya quienes no cuentan con los recursos económicos para pagar procesos instructivos tan costosos y que, en muchos casos, tales conocimientos ya han sido impartidos eficaz y rigurosamente en los programas correspondientes de las instituciones que ofrecen la carrera de Ingeniería Industrial.

A pesar de eso, las organizaciones certificadoras han creado “capítulos estudiantiles” en los que buscan tener “clientes cautivos” para sus procesos, quedando la mayoría de los alumnos incompletos al no tener los recursos para terminar el curso y realizar el examen de certificación. Sin embargo, tales certificadoras les presentan algunos valores agregados: sus instructores suelen tener experiencia probada en el sector productivo y tienen acceso a visitar empresas que cuentan

con procesos certificados. No todas las instituciones de educación superior tienen profesores tan involucrados en las industrias y el documento de certificación es bien valorado por ellas. En muchos casos tiene mayor valor curricular una certificación que una maestría. Como resultado del reconocimiento de este fenómeno en consolidación como tendencia, el grupo de ANFEI lo incorporó en los escenarios y propuso las iniciativas correspondientes.

4. El hacer frente al conflicto de una mayor orientación del ingeniero industrial 2030 hacia la tecnología o hacia las habilidades socioculturales, la especialización o la multidisciplinariedad, condujo a la discusión sobre los beneficios de la transversalidad de los programas de estudio. Se reconoció que la mayoría de las instituciones que integran la ANFEI no cuentan con la infraestructura y los procesos administrativos eficaces que tal reto implica. Así, este será uno de los grandes desafíos futuros.
5. En el centro del debate afloró el deseo legítimo de que en un futuro los ingenieros industriales participen en el desarrollo e innovación tecnológica de sectores empresariales con capital mexicano, fortaleciendo los procesos de generación de nueva riqueza y atracción de divisas dentro de nuestro país. ¿Es esto sólo un sueño? ¿Qué factores deberán darse para que un escenario así surja en las siguientes décadas? ¿Cuáles son las habilidades, conocimientos y actitudes que deberemos proveer a nuestros ingenieros para que logren su contribución al desarrollo tecnológico y a la innovación de origen local? Las narrativas de los escenarios discurren en este sentido, mostrando las correspondientes amenazas y oportunidades de tal aspiración.
6. El ejercicio de planeación de escenarios futuros no es una bola de cristal ni una proyección de tendencias, sino un entorno de legitimación de percepciones, visualización de señales, proyección de la imaginación basada en fenómenos actuales que se despliegan inexorablemente hacia el futuro, planteando nuevos retos a la perdurabilidad y éxito de la profesión. La visión de futuro que este ejercicio nos ha brindado, deberá servir de referente para la construcción de programas de estudio actualizados que otorguen nuevas habilidades y conocimientos pertinentes para la evolución de los sectores industriales, así como en la realización de alianzas estratégicas con los sectores productivos y otras organizaciones que faciliten la inclusión exitosa de nuestros profesionistas, además de la propuesta y gestión de políticas públicas que promuevan cambios importantes para la contratación y validación de catedráticos más involucrados con los sectores productivos que incentiven la investigación aplicada.

Los escenarios futuros de la Ingeniería Industrial son ventanas al ambiente que viviremos en las siguientes décadas, con sus riesgos y retos. Así, al identificarlos plenamente nos anticipamos y preparamos para cualquiera de ellos con acciones conjuntas y concertadas hacia una visión nacional, misma que deberá ser desplegada en un ejercicio de alineación estratégica orientado a la gestión sistemática de objetivos que permiten alcanzar tal panorama: la visión de la Ingeniería Industrial en México al 2030.

Conclusión del estudio por el grupo de trabajo de planeación prospectiva

El grupo de trabajo de planeación prospectiva de la Red Académica de Ingeniería Industrial contó con el apoyo de las instituciones de las cuales eran representantes, con opiniones de otros integrantes de las redes, de expertos y de representantes de empresas que participaron durante las reuniones de trabajo.

Se compartieron experiencias de éxitos así como de fracasos y logros, de aciertos y desaciertos; asimismo, las aportaciones que emanen de este documento podrán coadyuvar en la toma de decisiones para la innovación y mejora en la formación de los ingenieros, en la búsqueda para conseguir el hacer de México un mejor lugar donde vivir.

Será muy importante que esta experiencia sobre el estudio de la Ingeniería Industrial se replique en las otras Redes Académicas, apoyándose en la realización de talleres en donde se utilice la misma metodología de *Global Business Network*, con el agregado de la experiencia acumulada durante el ejercicio prospectivo de la misma.

En particular, el estudio de *Planeación prospectiva: Ingeniería Industrial en México 203. Escenarios de futuro* que la Red de Ingeniería Industrial desarrolló, será de importancia trascendental para la ingeniería mexicana y el desarrollo del país, ya que a través de éste se plantearán estrategias que nos lleven a alcanzar el futuro deseado.

Los resultados de este análisis prospectivo podrán ser publicados en las correspondientes revistas científicas de redes internacionales.

Referencias

ANFEI. *Ingeniería México 2030: Escenarios de Futuro*. México. 2007

DUNCAN, Norman E., and Pierre Wack. "Scenarios designed to improve decision making". *Planning Review*. Jul/Aug. 1994

GLOBAL Business Network and CISCO. *The evolving Internet. Driving forces, uncertainties and four scenarios to 2025*.

GLOBAL Business Network. *Reporte final. El futuro de la sociedad civil en México*. 2005

GONZÁLEZ Zúñiga, Domingo. "Prospectiva de la ingeniería Industrial hacia el 2020". *Revista UPIICSA* XII, V, 36, 25-35. 2004 [En línea] Consultado el 28 de agosto de 2015. Disponible en:
<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:SxPaFNkmRvUJ:www.revistaupiicsa.20m.com/Emilia/RevSepDic04/Domingo.pdf+&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&gl=mx>
<http://www.moyak.com/papers/scenarios-future-planning.html>

MIKLOS, Tomás y Tello, Ma. Elena. *Planeación Prospectiva, una estrategia para el diseño del futuro*. México. Limusa. 2004

MOYA K., Mason, *Future Scenarios: The Art of Storytelling*, 2013

ROLDÁN, Juvencio. *Desafíemos al dragón chino*. México. Dos Líneas. 2005

SCHWARTZ, Peter. *The art of the long view*. New York. Doubleday. 2004

WACK, Pierre. "Scenarios: Uncharted waters ahead". *Harvard Business Review*. September-october. 1985



ANEXOS

LOS SENTIMIENTOS ENCONTRADOS DE PÁNFILO VALDIVIA**Escenario 1. Autónomas en conflicto**

¡Qué jaqueca! Siempre había odiado esas reuniones de 4 horas. Aún a 15 años de que echaran a andar PRASIMO (*PRograma de ASignación de Materias Óptimo* que por sí solo ordena y asigna transversalmente espacios, tiempos y profesores en las materias de varias escuelas de Ingeniería, de acuerdo con la demanda y capacidades de toda la universidad), éste aún no funcionaba al 100 por ciento. Todavía era necesario reunirse con los coordinadores de las otras facultades cada vez que se planea un periodo escolar, para simular varias corridas hasta que quedara algo satisfactorio. Claro, hacerlo como era antes sin este sistema sería imposible.

— ¡Doctor! ¡Doctor! — La voz de Diana, su becaria que padecía síndrome de Down y que estudiaba ya el octavo cuatrimestre, lo distrajo de sus pensamientos. — ¿Cómo les fue? ¿Quedaron las cargas? —. El rostro y cuerpo de la chica tenían ya muy poco en común con los rasgos habituales de quienes padecían este síndrome en épocas anteriores. Y en lo concerniente a lo intelectual, tampoco presentaba grandes desventajas; además, tenía una sonrisa muy dulce y era muy eficaz.

— Sí, Diana. La incorporación de las carreras de Artes y Filosofía a la carga, nos hizo la madeja aún más enredada. ¡Esta transversalidad nos vuelve locos! Hace unos años hubiera tronado el sistema con tanta complejidad... Recuerdo que esto mismo nos pasó cuando se decidió que algunas materias de las Biologías y Ciencias de la salud deberían estar abiertas a los ingenieros también. ¡Qué caos!... Bueno... Se logró.

Diana le sonrió y agregó:

—Sí. Dígamelo a mí, que junto con mis compañeros del colegio de Industrial, los nanotrónicos, los de Ingeniería genética y algunos de Biomedicina, ganamos el concurso internacional de diseño de prototipos de bioprótesis... ¡Nuestro momento de gloria! Si no hubiese tomado materias tan especializadas en esas facultades, ¡nunca habiéramos identificado oportunidades de creación como esas!

—Así es... — pensó con orgullo Pánfilo. — ¡Lástima que nunca pudimos capitalizar esa victoria y llevar el producto al mercado por nosotros mismos! Nos conformamos con obtener la patente y venderla a costo de recuperación de lo que se invirtió en el prototipo. En fin... Era una larga historia.

El cerrojo de la puerta de su modesta oficina se abrió con solo reconocer la voz de Pánfilo, quien cedió el paso a Diana. Con un movimiento de su brazo el cristal opaco de la ventana se volvió transparente, y ambos se sentaron en la cómoda salita de estar.

—Doctor, le recuerdo que volvieron a llamar los de la certificadora de sistemas de calidad. No supe qué decirles. ¿Qué les digo cuando vuelvan a buscarlo? — dijo Diana preocupada.

Pánfilo respondió frunciendo el entrecejo.

—Ok. Dales una cita para el martes por la tarde. Pero aquí entre nosotros... los voy a rebotar de nuevo.

Diana lo miraba con cara de susto.

—Es una vieja historia, Diana. Estas organizaciones certificadoras habían monopolizado el saber. Si no se tomaban cursos con ellos, por supuesto que pagando las altas cuotas correspondientes, no tenía ninguna validez el conocimiento. De acuerdo... Estas organizaciones lo ordenaron, estandarizaron; lo hicieron sistemático. Pero esto se convirtió en el “Club de Tobi”. Así, aunque las compañías empleadoras requerían tales certificaciones para legitimar la capacitación de nuestros estudiantes, decidimos dejar de seguirles el juego, y si nuestros ingenieros querían certificarse sería sin nuestro apoyo y con su propia inversión de tiempo y dinero. ¡Claro que hubo mucha polémica al respecto! Algunas empresas del sector productivo criticaron nuestra postura, pero de alguna forma lo suplimos. Mejoramos mucho al importar talentos y repatriar algunos más de otros países. Contratamos varios ingenieros y doctores que terminaron sus ciclos en el sector industrial y que aún podían aportar mucho en la academia.

La joven lo escuchaba con gran atención, y con cierta inseguridad se atrevió a refutar:

—Oiga, doctor... pero, ¿no hubiera sido mejor que negociaran con los organismos certificadores? Porque yo sé por algunos compañeros que ya trabajan, que sí les piden las certificaciones en las empresas. Y se quejan de que aún tengan que invertir otros dos años en certificarse. Además, ¡dicen que aquí en la universidad no estamos aprendiendo todo lo que necesitamos! Que cada empresa tiene necesidades específicas.

— Sí. Pero no podemos hacer productos a la medida de cada empresa. Solamente ve el esfuerzo que representa manejar una malla curricular transversal ¡y con tantas especialidades! Además, tenemos unas plantillas de profesores muy ricos. Son importantes investigadores. Casi todos del Sistema Nacional. ¿Para qué depender de organismos externos si lo tenemos todo? Aquí generamos nuestro propio conocimiento—. Pánfilo le respondió con paciencia.

De nuevo, la chica movió su cabeza con cierto temor y respondió con lentitud.

—Sí, doctor... pero salimos sin nada de experiencia. Ya ni siquiera promueven que viajemos al extranjero. ¡Todo se hace aquí! En las empresas no quieren contratarnos porque dicen que no tenemos experiencia. Que estamos muy bien habilitados técnicamente, pero que no sabemos integrarnos a la dinámica del trabajo.

—Sí, Diana— pacientemente, Pánfilo retomó la palabra— Pero ahora, por ejemplo, con esta nueva dimensión de transversalidad solventaremos estas deficiencias. En un futuro las materias serán más cortas, como módulos pequeños, y los alumnos cursarán más en el mismo tiempo. Ahora podrán tomar materias de artes, de filosofía, psicología, en fin... Verás cómo no requeriremos de la mafia de las certificadoras. Y ustedes necesitarán dedicar más tiempo al estudio. O se dedican a la escuela o a trabajar. Pero aquí tendrán todo. Sí funcionará. ¡Ya verás!

Diana bajó la mirada un tanto decepcionada.

—Pues eso no es lo que dicen los compañeros que ya trabajan. Ya sabe. Todas las compañías son extranjeras, no hay nacionales. Aunque reconocen nuestro nivel de especialidad tecnológica, solamente nos usan para ejecutar órdenes de los corporativos de otros países. ¡Y eso es muy frustrante! Sabemos técnica pero no conocemos cómo hacer negocios. No estamos capacitados para hacer alianzas. Sabemos

obedecer, usar máquinas y laboratorios, hacer análisis, pero ¡no cómo diseñar ni vender nuestros proyectos tecnológicos! Lo que nos pasó con la prótesis... Vendimos la patente y ahí quedó todo ¿No le frustra eso, doctor?

Pánfilo la miraba con seriedad. Era cierto. Por un lado se sentía muy orgulloso de todo lo que eran y habían conquistado, pero la realidad era que no habían logrado transformar al sector productivo nacional: seguían dependiendo de lo que se hiciera en otros países. Para ser exitosos y realizarse, sus estudiantes tenían que irse al extranjero, contratados por empresas foráneas. Sin duda habían hecho muchas cosas bien, pero los resultados no eran aún los mejores. No podía evitar tener estos sentimientos tan encontrados.

Escenario 2. Hombre de hojalata

Los suaves acordes de “*Hey Jude*” parecían lejanos en su ya ligero sueño. Aunque tenía las sábanas inteligentes literalmente pegadas al cuerpo, estaba suficientemente consciente de que era tiempo de despertar. La videoconferencia programada con *Rajiv Chammatpratawa* se realizaría en solamente media hora.

Abriendo lentamente los ojos, checó la hora que mostraba la pantalla en la pared de cristal de su cuarto; solamente era una vieja membrana transparente adherida al cristal que su padre le obsequió cuando se mudó a vivir solo. Aunque disfrutaba despertar con ese clásico de los *Beatles*, con la voz ordenó algo de guitarra flamenca para terminar de despabilarse. Esa pieza le traía recuerdos de papá, y eso era más eficaz que un café muy cargado o cualquier otra vitamina revitalizadora.

Rajiv era el reclutador de una conocida compañía fabricante de equipos y accesorios de localización ubicua, con plantas en varios países del mundo, y el empleo que le ofrecían tenía su base en Singapur, que a Íñigo le parecía un lugar atractivo, por lo menos para comenzar.

Tenía la esperanza de que *Rajiv* no le diera tanta importancia al hecho de que aún le faltaba presentar el examen de certificación en programación neuronal de habilidades creativas avanzadas, que la asociación, con sede en Moscú, otorgaba después de casi 2 años de cursos presenciales y/o en línea. Y es que, entre los talleres de certificación en energías limpias y en ambientes de trabajo incluyentes que tuvo que tomar obligatoriamente en la compañía en la que realizó su tercera fase de práctica profesional, no tuvo cabeza para concluir aquella.

A una orden verbal dirigida a la cabecera de la cama, sábanas y colcha, fabricadas con tejidos de nanofibras inteligentes, se sacudieron y estiraron, quedando así tendida la cama en menos de 10 segundos. ¡Esa era una innovación que le encantaba!

Ya en el cuarto de baño, una superficial frotada a su cuerpo con las toallas enzimáticas lo refrescó y el aroma a lavanda que éstas le impregnaron, le recordó que hay cosas que nunca pueden pasar de moda. Hacía 5 años que el consumo de agua estaba limitado sólo para beber. Las toallas enzimáticas no eran tan costosas y realmente eliminaban cualquier bacteria o suciedad en el cuerpo. Los diabéticos se proporcionaban así su dosis de insulina, y para algunas chicas era una forma de evitar embarazos. A pesar de todo... ¡sí extrañaba la ducha de agua caliente! ¡En fin!

Aunque su educación general como ingeniero industrial había sido un tanto limitada en aspectos de biotecnologías, no perdía la esperanza de, en el futuro, cursar una carrera relacionada con textiles inteligentes. Después de todo, las opciones terminales de bioenzimas y construcción textil, soportadas por una sólida formación en química y biología a principios de la carrera universitaria, le daban elementos como para abordar estos temas sin temor.

No dejaba de lamentar el no haberse inclinado más hacia otras disciplinas, como la nanotecnología con la que se estaban haciendo cosas “mágicas” en otros países. Aunque había evaluado estas posibilidades al decidir carrera profesional, no veía posibilidades de desarrollo futuro como empresario. La base científica regional era aún demasiado limitada, lo que incrementaba la aversión al riesgo de los escasos empresarios nacionales; la falta de enfoque en diseño y orientación al consumidor final desaniman la adquisición de bienes locales y con ello, el crecimiento de las compañías locales. Esto es algo que no se ha podido superar aún.

En una conferencia a la que asistió el año anterior en América del sur sobre desarrollo de productos para mercados globales y fabricación doméstica en impresoras 3D, el ponente demostró que después de más de 15 años de iniciada esa ola existían cientos de historias de fracaso asociado a las carencias en diseño estético y orientación a la experiencia del cliente. Viejas historias en las que no hay evolución al paso de las décadas.

Se sabía sobre intentos de empresarios e innovadores nacionales por desarrollar impresoras 3D para nanopolímeros y hasta órganos humanos, pero todos fracasaron. La gran duda era siempre: ¿por qué? Aunque algunos estudiosos de las ciencias empresariales afirmaban que era debido a la incapacidad de la empresa para realizar alianzas estratégicas con los grandes conglomerados internacionales, los investigadores solían acusar que se invertía muy poco en desarrollo científico y había escaso apoyo gubernamental. ¡Las mismas historias con resultados pobres!

Al final, capital nacional, extranjero o mixto, lo importante para Íñigo era poder emplearse. Era irrelevante si tenía que quedarse en su ciudad de origen o viajar al otro lado del mundo. Si quien paga es alemán, chino o mexicano, no le preocupaba. Por ahora, se trataba de acrecentar la experiencia que adquirió en sus estancias industriales obligatorias durante la carrera, sin el peso de la carga académica ya terminada, e identificar nuevas áreas de oportunidad de negocios. El novedoso fondo de riesgos compartidos de la universidad tendría que funcionar en algún momento. Y si en algunos años identificaba tales oportunidades y reunía el capital relacional justo, podría asociarse con la universidad para su *start-up* y hacer su aportación al desarrollo de productos nacionales. “Productos nacionales”.... Mmmhhhh... cada vez le sonaba más obsoleto el término. ¿A quién le importaba ahora el término nacional?

Justo era lo que le llamaba la atención de esta compañía en Singapur. Estaba formada por capitales de todas partes. Empleados de todo el mundo habían alcanzado una gran confluencia entre muchas disciplinas que en otros tiempos —según le había platicado papá—estaban muy distantes.

—Los grandes retos en estas convergencias eran más de carácter de relaciones interculturales que de cuestiones técnicas—, pensó mientras abría un bote con plátanos/fresas perfectamente redondos, producto de la cocina molecular, y que licua todos los días con leche y claras de huevo. Los conocimientos se volvieron un *commodity*, nadie requería de asistir 4 años a la universidad para adquirirlos. Estaban en todas partes, al alcance de una orden, en las *google glasses*, en los cristales de cualquier salón, en cualquier mesa de trabajo. Pero la habilidad de conducir grupos de trabajo heterogéneos, multidisciplinarios, formados por personajes que a los 25 años tenían todo el conocimiento del mundo en las puntas de sus dedos, rivalizando, queriendo comerse el mundo a puños, con metas de desarrollos innovadores cada vez más exigentes... —¡Ufffff!... eso sí requiere de destrezas mentales muy evolucionadas y una alta sensibilidad—. Aunque las cinco certificaciones internacionales que tuvo que obtener para poder graduarse de la universidad han estandarizado las culturas de trabajo globales, los chinos no perdían el hábito ancestral de trabajar hasta las 3 de la mañana. — ¡Los colegas alemanes seguían criticando nuestro hábito del viernes social y nuestra desesperación de los lunes! Los mexicanos

no podemos vivir sin al menos dos ratos de socialización y cuentos colorados al día, que surgen espontáneamente antes de cualquier junta de trabajo— sonrió. Conjuntar tales identidades culturales para cumplir las exigentes metas, era una hazaña.

Las mezclas generacionales empalmadas en la empresa también eran todo un tema. Aunque la generación X trataba de empatizar, la verdad es que aún eran muy cerrados al uso de energías de recursos renovables. Aún quieren vivir del petróleo y los combustibles fósiles. La migración energética estaba costando más trabajo desde el punto de vista de las personas que del económico...

Una voz electrónica proveniente de la membrana adherida al refrigerador, lo sacó de sus pensamientos. Era *Rajiv*, unos minutos antes de la hora programada.

El cordial saludo en inglés orientó las diminutas cámaras insertas en la membrana hacia el rostro aún sorprendido de Íñigo, quien terminó de abrocharse la camisa y jaló un banco para quedar sentado frente al refrigerador. Trató de saludar y sonreír con naturalidad a su interlocutor, quien mantenía una actitud amable en un gesto un tanto paternal.

—Bueno, Íñigo, como te hice saber en su momento, los video sistemas de lectura de respuestas corporales que te han filmado en las anteriores entrevistas, te han evaluado con las mejores calificaciones en habilidades y actitudes. Tu historial de certificaciones también ha sido aprobado, así que podemos decir que estás adentro con nosotros. ¡Bienvenido!

Íñigo, aunque sabía que esto pasaría, no quiso evidenciar tanta confianza y sonrió con cierta humildad fingida.

—Muchas gracias, *Rajiv*. Estoy feliz por haber sido aceptado, y créanme que no los defraudaré. Pero ahora debo avisarte que mis documentos para la titulación profesional tendrán un retraso de algunos meses— confesó con cierto nerviosismo — ¿Crees que sea un impedimento para mi contratación inmediata?

Rajiv, con una ligera sonrisa negó moviendo suavemente la cabeza y dijo en tono reconfortante:

— Íñigo, lo que menos nos importa es tu título de ingeniero industrial.

Escenario 3. Ironman azteca

No representaba los 50 años que tenía. Óscar Nobel parecía haber descubierto la fuente de la eterna juventud, la cual, según aseguraba él, era su dieta rica en antioxidantes. Siempre de gesto adusto, explotaba con provecho una ocasional sonrisa de modelo para ganar algún favor especial y que con Ivanna le funcionaba muy bien. Aunque a decir verdad, no necesitaba sonreír, bastaba con dar la orden. Después de todo, era el dueño de la compañía.

—Ok, Ivanna. Si es necesario, modificamos la política... ¿De acuerdo? Si los candidatos locales no tienen las habilidades sociales que requerimos, ampliamos nuestro rango de máximo 80 a 90 por ciento de extranjeros contratados—. Tomó un trago de su taza de té de hierbas antioxidantes GM. La gota que corrió por los bordes se diluyó en fracciones de segundo sobre la superficie exterior de la taza de propiedades térmicas absorbentes. A un gesto suyo, la mesa deslizante se acercó a recibir de nuevo el objeto que depositó sobre ella sin ningún cuidado. —Si nuestros ingenieros industriales nacionales no pueden con las responsabilidades y no se integran a los equipos, entonces los limitamos a las pruebas de laboratorio, y/o recurrimos a profesionistas de otras carreras o de otros países del mundo. Vivimos en una “paridad tecno-económica”.

Terminó la frase con una cautivadora sonrisa que a Ivanna le recordaba al octogenario actor británico Pierce Brosnan. Nobel sabía el efecto que sus términos “domingueros” provocaban en la joven. Ella solía olvidar que la “paridad tecno-económica” se refería a la ubicuidad mundial de los talentos por el mismo costo.

—Está bien. Te doy una semana más. Entrevista más jóvenes. No confíes al cien por ciento en el SIRFRA (Sistema Intuitivo de Reconocimiento Facial de Respuestas y Actitudes ocultas al ojo humano, que usan los seleccionadores de personal para evaluar en las entrevistas). Usa también tu intuición. Ponles otras trampas. Simula situaciones reales. Tal vez así saquen lo mejor de sí, fuera de la rigidez de la entrevista... ¿De acuerdo? Estaré en mi oficina si necesitas algo— dijo mientras se levantaba y salía de la oficina.

Ivanna suspiró y giró su sillón para observar a través de la ventana el paisaje sembrado de invernaderos. A un movimiento de su brazo, el cristal de la ventana cambió a un efecto sombreado. La luz de esa hora del día le provocaba migraña.

Biopolímeros Nobel había logrado trascender las fronteras. Cotizaba con cierto éxito en el índice *Nasdaq* y tenían plantas en Asia, Europa y África. Iniciada 15 años antes como un *spin-off* a partir de la experiencia, pericia técnica y capital relacional obtenidos por Óscar en empresas de biotecnología de fondos extranjeros, estaba considerada en los *polls* de *McKinsey* como una de las 20 compañías más innovadoras del mundo. Y seguían creciendo.

Óscar Nobel era un apasionado de la tecnología y los negocios. Un grado de ingeniería en biotecnología, con un MBA en Harvard, una maestría en proteómica en Berkeley y un doctorado en biopolímeros en

Shanghai fueron credenciales suficientes para entrar al mundo de la investigación y el análisis estratégico de las compañías transnacionales líderes en la producción de bienes a partir del crecimiento de plantas genéticamente modificadas. Nobel era uno de esos casos poco frecuentes de genios ingenieriles con fuertes habilidades sociales y visión de negocios. Justamente eso lo hacía difícil de complacer. Leal a sus orígenes, impuso en su compañía la política de que al menos el 20 por ciento de sus ingenieros fuesen de origen nacional. No se trataba solamente de un afán nacionalista, sino de impulsar talentos para exportar y generar otros posibles *spin-offs* que generaran mayor desarrollo local.

Pero algo estaba pasando con las escuelas de Ingeniería en el país. Sus indicadores habían mejorado muchísimo. El número de miembros aceptados en el Sistema Nacional de Investigadores había crecido. Las políticas de retención de talentos y renovación de cuerpos académicos y de investigación empezaron a proveer resultados. Se dieron importantes cambios a los programas curriculares de carreras como la Ingeniería Industrial, entendiendo que se había perdido el enfoque y que si no lograban dominar las tecnologías, nunca se lograría la tan buscada independencia tecnológica. La contratación de renombrados investigadores de otros países y la repatriación de cerebros reorientaron la aguja hacia una mayor especialización tecnológica. Fortalecieron el nivel de matemáticas, física y química desde las preparatorias. Algunas compañías de bio y nanotecnología comenzaron a instalarse en el país, y eso alentó a los estudiantes de esa ingeniería para comprender mejor estas técnicas. Si entendían los procesos de manufactura, podían comprender y dominar los complejos procesos de la biotecnología y la nanomanufactura. O también diseñar intrincados moldes de fabricación, así como ensamblar sofisticados equipos de impresión 3D.

Esto le recordaba la entrevista que tuvo con Ramiro Sánchez, un joven de 22 años, egresado de una prestigiosa universidad pública. En las preguntas técnicas que le formuló uno de los ingenieros de producción, tuvo un desempeño sobresaliente. Contestaba con seguridad. El ingeniero salió convencido de que el chico cumplía con las características para ser contratado. —Sabe mucho del tema para ser solamente un ingeniero industrial— pensó. Pero cuando Ivanna le comenzó a hacer preguntas sobre la relación con los integrantes de un equipo, o sobre la toma de decisiones confrontadas contra otros puntos de vista, el SIRFRA encendió focos rojos. No fue el único caso, ocurrió también con candidatas. Serían muy buenos técnicos de laboratorio, pero nada más... O bien, sería necesario darles mucho entrenamiento en habilidades sociales. ¿Es más fácil que adquieran las habilidades sociales si ya traen una fuerte especialización técnica? ¿O viceversa? Sin embargo, Óscar Nobel los quiere con todo; perfectos... ¿Cómo él?

Según los resultados mostrados por el SIRFRA, los entrevistados mostraban nerviosismo en las entrevistas. Se veían estresados al ser cuestionados por alguien a quien no frecuentaban, como si se sintieran desprotegidos fuera del salón de clases o de su laboratorio universitario. Un viejo amigo hubiera dicho, con desprecio, que les faltaba “roce social”. Podía ser consecuencia de la endogamia que comenzó a privar en las escuelas cuando empezaron a tener éxito con sus innovaciones tecnológicas de laboratorio. Y sí... Aunque para poder sostener las investigaciones decidieron simplemente vender las patentes a empresas, desligarse de la relación con el sector productivo y encerrarse a trabajar bajo pedido, con sus propios recursos, cumpliendo con las especificaciones técnicas que las empresas mexicanas se lanzaron a solicitar. Terminaban la investigación, vendían todos los derechos de propiedad intelectual en producción y comercialización... y “hasta la próxima, señores”... No era una fórmula tan mala. Generaba dinero y material para publicar además de las invenciones para las empresas, algunas de capital nacional, algunas

de capital extranjero. Todas dispuestas a pagar pues había un retorno sobre sus inversiones, aunque el alcanzar tales retornos requiriera de mucho más que una patente comercializable. Pero ese era otro esfuerzo, en el que no estaban involucrando precisamente a los ingenieros ni a las universidades.

La fórmula universitaria de regresar talentos a casa, les resultaba más confortable que enviar estudiantes o investigadores al extranjero. Disminuía el riesgo de que se quedaran por allá. No se le prohibió a nadie viajar una temporada para estudiar, pero tampoco se incentivó. Más bien, se les motivó a quedarse. Por otro lado, si el conocimiento está aquí adentro, ¿para qué apoyarse en las empresas o en las firmas certificadoras para fortalecer el proceso educativo? Eso lo harán, tal vez, cuando salgan de la universidad. Si así funciona...

Sus reflexiones fueron interrumpidas por la voz masculina del sistema de avisos:

—Entrevista con Rodrigo Sánchez para el puesto de ingeniero de desarrollo de nuevos procesos de fabricación de autopartes. Expediente desplegado en pantalla. El candidato espera orden de pasar y SIRFRA está listo para nuevo escaneo. ¿Autoriza ingreso a oficina?—. Ivanna asintió.

Un joven delgado, con anteojos, vestido con un modesto traje y corbata entró con timidez y se sentó en donde Ivanna le indicó con amabilidad. Observó de reojo su expediente. Magníficas calificaciones y desempeño técnico. Pero su timidez la aterrorizaba. ¿Cualidades técnicas o humanas?... He ahí el dilema.

RECUERDOS FRENTE A UNA BOTELLA DE VINO TINTO**Escenario 4. Los increíbles**

A través de la vidriera la observó descender de su auto y dejarlo ir solo en el carril de estacionado automático frente al restaurante. La seguridad que dan los años la hacía verse más atractiva. Valió la pena ser el primero en llegar a la reunión de exalumnos Generación 2030 del Colegio de Ingeniería Industrial, solamente por tener el privilegio de conversar a solas un rato con Laura Rodiles.

Su presencia invadió los sentidos de Íker, quien empujó levemente el confortable sillón ergonómico autoajustable de levitación magnética, para abrirle el paso a su ex compañera. Sonriéndole, ella agradeció el gesto con un abrazo y un beso en la mejilla, tras lo cual tomó asiento para que el sillón ajustara su forma a la silueta y postura en la que pudiera conversar con mayor comodidad.

—Luces radiante, Laura... ¿Y? ¿Cuántas veces te has casado?—.El hombre deslizó la pregunta con una sonrisa dibujada en su rostro.

— ¡Ay, Íker!... ¿no conoces la dinámica de las empresas? ¿Quién puede pensar en un compromiso formal o en hijos con tanto viaje, cursos y comidas de trabajo?— replicó ella con un gesto de incredulidad.

— Pues... ¿en dónde estás trabajando?—, cuestionó él mientras, con un movimiento de su mano derecha, revisaba la carta desplegada en la membrana táctil con emisiones olfativas inserta en la mesa.

— Llevo ya cinco años en la armadora automotriz. Y ya sabes... la explotación total... pero, ¡estoy contenta! Empecé en un área de finanzas, luego estuve un tiempo en Estados Unidos en diseño de células de manufactura robotizada, y ahora regresé como analista de integración de nuevos procesos tecnológicos en las plantas del país. ¡Imagínate! Evaluaciones económicas, factibilidad técnica, mitigación de riesgos por factores culturales... En fin... ¿Pedimos?—. Sin pensarlo más, seleccionó una copa de vino tinto nacional, cosecha 2025. Al ver que Íker estaba pidiendo lo mismo sugirió pedir la botella completa. En unos cuantos minutos la traerían. — ¿Y tú? Te sientan las ojerías...

Íker liberó una sonora carcajada y asintió con la cabeza.

— Gracias... Justamente trabajo en una de las compañías proveedoras de tu ensambladora. Por eso estas ojerías. Me dedico a planear y reducir riesgos en toda la cadena de suministros. Trabajo con nuestros proveedores diseñando procesos más seguros. Planeo estrategias de acortamiento de tiempos de ciclo, evalúo la localización cercana de proveeduría. ¡Hasta gestiono adquisiciones de equipo y coinversiones con pequeños proveedores!

Laura se veía sorprendida. — ¿Todo eso haces?

—Pues sí— asintió con resignación el joven. —Claro, es una empresa pequeña. Tenemos 30 trabajadores y somos unos 10 ingenieros. Pero vendemos a ocho diferentes fabricantes finales con plantas en los cinco continentes. Somos de capital mayoritariamente nacional con algunas participaciones minoritarias de

brasileños y chinos. Como verás me dedico de lleno a la Ingeniería Industrial. Ya sabes... Aunque los sistemas pueden hacer y calcular todo, nuestro toque humano aún sigue siendo lo más importante al tomar algunas decisiones. La sensibilidad de las relaciones no puede fallar. ¡Cómo nos faltó eso en la universidad!—suspiró—. Técnicamente salimos muy fortalecidos y eso me ha sido muy útil para poder tomar algunas decisiones de procesos. Ahora, todos están basados en nanomanufactura y automatización. Los entiendo bien y puedo tomar decisiones importantes al respecto, pero las interacciones humanas siguen siendo complejas, más complejas que lo tecnológico, ¿no crees?

Laura asentía a los comentarios de Íker. Volteó para recibir la botella y las copas y cató el vino que el mesero le puso enfrente. El sillón se autoajustó a la nueva postura inclinada de Laura.

—Pero sí nos fue muy útil el fogueo desde la mitad de la carrera en las estancias industriales. Yo ahí aprendí a negociar. Durante mi intercambio en Hong Kong, aprendí a trabajar con grupos multiculturales. ¡Hasta para organizar las fiestas!— replicó enfáticamente Laura — ¿Te acuerdas del “Champiñones”?— preguntó cambiando rápidamente de postura.

En eso, una pulsera de diseño minimalista y prácticamente adherida a la piel de su muñeca derecha se activó emitiendo una suave voz: “Llamada de Adriana Martínez”. —La tomo— respondió.

Al aceptarla, una onda sónica dirigida al oído de la receptora principal transmitió la voz de su amiga, quien le confirmó que no podría llegar. Laura se despidió y pasó sus saludos a Íker.

— ¡Ah! Pues te decía. Ese chavo, el “Champiñones”, se certificó con una especialidad en diseño en Italia y está haciendo unas cosas increíbles en el área de desarrollo de partes exteriores. Viaja por todo el mundo coordinando los equipos de cada planta. La certificación le valió todo. Y hay pocos certificados en eso por aquí.

Una voz que provenía de una etiqueta que parecía ser la marca adherida en el puño izquierdo de la camisa de Íker, lo alertó sobre una llamada entrante: “Llama José Pérez”. La tomó asintiendo con la cabeza y la etiqueta envió la onda sónica al oído de su propietario.

— José tampoco vendrá, te manda un abrazo, así que déjame platicarte que esa es justamente una de nuestras áreas de oportunidad en la empresa. No encontramos buenos ingenieros diseñadores. Los diseñadores no tienen formación en costos y su educación tecnológica es muy superficial. Además, no saben integrarse a los equipos ni manejar los conflictos... Y lo mismo ocurrió con ingenieros industriales de otras universidades que no pasaron por las estancias en empresas; se asustaban con las discusiones y se tomaban las cosas muy personales. ¡Cero formación social! Se convirtieron en obstáculos para la innovación, a pesar de su robusta capacitación técnica.

Mientras decía esto, Íker bebía tragos cortos de su copa de vino. Con un toque suave abrió de nuevo la pantalla de la mesa, compartiéndola con Laura para buscar alguna entrada que acompañara a sus bebidas.

—Oye, pero van muy bien, ¿no crees? Ya son proveedores nivel I de partes originales de las empresas más importantes del mundo. Y son de origen nacional, dices. ¿Verdad?—dijo Laura interesada.

—Sí— asintió el joven. —De hecho, el principal socio es un ingeniero industrial que trabajó varios años para la armadora; identificó las áreas de oportunidad en diseño de estas partes, y en vinculación con la Facultad de Ingeniería consiguió fondos gubernamentales para innovación tecnológica; lo patentaron y

empezaron licenciando temporalmente con los brasileños, que ya eran proveedores. En unos años adquirió la mayoría accionaria y desarrolló otras innovaciones y otras alianzas estratégicas con la misma fórmula de vinculación con la universidad. Es muy hábil para explotar las relaciones... y técnicamente tiene una gran formación. Ni hablar. ¡Al César lo que es del César!

Laura lo escuchaba con admiración. —Sí, la relocalización de cadenas de suministros y su descomposición en redes integradoras trajo muchas oportunidades de negocios basados en la manufactura, y hasta en los mismos servicios. ¡Enhorabuena, Íker! ¡Salud!— dijo alegremente alzando su copa. Su colega respondió con el mismo gesto.

—Bueno, todo parece indicar que seremos los únicos en esta reunión de generación. Así que mejor pidamos la entrada para aguantar la botella de vino y sigamos brindando por el futuro de la Ingeniería Industrial, Laura.

La joven ingeniera se limitó a encogerse de hombros, y formar un sutil corazón con sus labios.

Escenario 5. Misión imposible

— ¿Y ahora?... Otra entrevista fallida. No es posible que en dos meses no encontrara a alguien con el perfil apropiado que quiera trabajar. ¡Estos técnicos sobre cotizados! ¡Qué desesperación! ¡En este país la gente busca trabajo rogando no encontrarlo!

Estos eran los pensamientos de José María López al pasar el código de la nota del restaurante a la pulsera adherida a su muñeca derecha, con lo que el costo de la comida se cargó a su cuenta de banco, cada vez más reducida.

Dos suaves manos taparon sus ojos por atrás de él.

— ¿Isabella?

Una espigada chica lo liberó y con gesto de frustración pasó a sentarse frente a él.

— ¿Ves?... Siempre me descubres... ¡Te digo que eres muy intuitivo! Tienes que explotar más esta virtud.

—No te burles, princesa. Cualquiera adivina que si alguien le tapa los ojos por atrás, es su novia— rezongó José María.

— ¡Ay!... pero qué negativo. ¿Otra vez no te fue bien en tu entrevista?— preguntó condescendiente la chica.

—No. Lo de siempre... Prefieren no trabajar que apostarle a un proyecto con tanta incertidumbre. Y sin sueldo. ¡No logro convencerlos! Parecen entusiasmarse, pero cuando lo razonan bien ya no le entran o me dicen que lo pensarán, pero en cuanto encuentran algo seguro se olvidan de la idea. ¡No sé qué hacer!

—No te desespere, muñequito... Ya te dije que yo te puedo ayudar con algo. En mis ratos libres— dijo la chica mientras agrandaba con sus dedos un dibujo virtual de corazón latiendo que arrastró de su pulsera a la membrana inteligente de la mesa.

—Sí... En tus ratos libres... ¿Cuántas horas libres tienes al día?

Isabella no tenía muchos ratos libres. Lo peor, pasaba casi 3 semanas al mes de viaje. Ingeniera en biotecnología digital, trabajaba para una multinacional liderando proyectos de proteínómica para programar códigos genéticos de bacterias diseñadas bajo pedido, que cumplieran las órdenes específicas de estrictas compañías farmacéuticas y energéticas.

Se conocieron desde la universidad y ahí se hicieron novios. Ella admiraba las habilidades sociales de José María y nunca le importó que estudiaran cosas tan diferentes. La Ingeniería Industrial le parecía una carrera divertida, aunque hubiera preferido que su novio le dedicara tanto tiempo al estudio como ella.

Al parecer, José María pasaba las materias sin esforzarse demasiado. Sus habilidades sociales innatas le facilitaban aprobar los cursos sin estudiar. De hecho, ella veía que era mejor que sus profesores... Ellos eran muy teóricos. Publicaban mucho. Exponían sus investigaciones en congresos internacionales; parecían saber mucho, pero esas características no se veían reflejadas en otro tipo de habilidades. José María había logrado desarrollar por sí mismo un liderazgo que parecía llevarlo a las grandes ligas... Pero... algo no estaba funcionando.

Él tenía tres años de haber terminado la carrera y no lograba acomodarse bien en ningún empleo. Sí había trabajos, pero estaba en una especie de limbo. No contaba con certificaciones que abalaran sus destrezas. Durante la carrera, nunca le exigieron ni mucho menos le facilitaron el contacto con las organizaciones que se dedicaban a esto. Ni en el país ni en el extranjero... Tampoco tenía una formación tecnológica fuerte. Solía alegar que eso no era necesario. Afirmaba que todas las empresas traían los equipos de fuera y los ingenieros solamente tenían que diseñar la distribución, hacerse cargo de los suministros e integrar los esfuerzos organizacionales con liderazgo y habilidades. Y para eso —decían los reclutadores—, ¡contrato otro tipo de profesionista, no un ingeniero!

José María era, según ella, visionario y creativo. Tal vez más que la misma Isabella, quien dominaba la parte técnica como pocos. Justo cuando él se aburría de no encontrar un empleo que llenara sus expectativas, decidió que mejor iniciaría su propio *start-up* tecnológico. Su idea era muy buena. Pero tal vez —como todo emprendedor— se había encontrado con dos grandes obstáculos: técnicamente le faltaban elementos. No tenía los suficientes conocimientos de programación ni de diseño como para iniciarlo por él mismo. Necesitaba contratar a alguien que sí tuviera tales competencias. ¡Y nadie quería trabajar por tan poco dinero! Porque ese era el otro escollo: no tenía mucho capital. Trató de convencer a familiares de que apostaran a su proyecto, pero todos lo consideraban así, como una apuesta de alto riesgo.

Buscó apoyo en la universidad, su *alma mater*. Pero sus profesores y el coordinador lo mandaron a buscar apoyo gubernamental. El claustro académico no estaba interesado en esas cosas. Aseguraban que su rol no era ese, sino investigar, publicar y difundir su sabiduría. Los de la incubadora nunca entendieron su proyecto, y dijeron que los consumidores no estaban interesados en algo tan novedoso; que tal vez ni siquiera lo entenderían. Así pues, estaba agotando todos sus recursos sociales y no lograba convencer. ¡Entrampado en el limbo!

Isabella lo compadecía y no lo culpaba. Veía mucho de eso alrededor. La firma para la que trabajaba tenía ingenieros y científicos de origen extranjero, en su mayoría. Y les costaba mucho encontrar talento local. Hacían grandes esfuerzos por sustituir proveedores foráneos por domésticos para bajar costos, pero era casi imposible. Terminaban importando talentos... Parecía un círculo vicioso.

Mientras lo escuchaba quejarse y acariciaba su mano, pensaba que la próxima semana tenía una importante reunión en Seúl, en donde se encontraría con Carlo, un ex novio que se especializó en nanotecnologías y quien ahora dirigía su propio *spin off* en Singapur. Suspiró con resignación... estaba a punto de abandonar esta misión imposible.



Asociación Nacional de Facultades y Escuelas de Ingeniería

Tacuba 5, Colonia Centro, Delegación Cuauhtémoc
México D.F., C.p. 06000

Tels: (55) 5512 2230 y 5512 2231

secretaria.ejecutiva@anfei.org.mx

www.anfei.mx