

Estudio de Prospectiva de la Ingeniería Industrial en el Perú al 2025: la visión de los jóvenes

Fernando ortega

Universidad de lima, fortegas@ulima.edu.pe

Resumen

La ingeniería industrial es una de las profesiones ingenieriles con mayor número de alumnos en las Universidades del Perú. Sin embargo, en los últimos años ha venido sufriendo un proceso continuo de desmembramiento de su campo de actuación, al crearse nuevas carreras que se especializan en los campos del conocimiento que han sido tradicionalmente propios de la ingeniería industrial. Eso cuestiona su continuidad como profesión en el futuro, más aún cuando se le asocia el concepto de ser consecuencia de la sociedad y economía industrial, vigente en todo el mundo durante los siglos XIX y XX.

La investigación comienza haciendo un análisis retrospectivo de la evolución de la ingeniería industrial, desde sus orígenes hasta el momento actual, con la finalidad de identificar aquellos hitos que permitieron su crecimiento, y su contribución al desarrollo de la Humanidad. El enfoque empleado en esta investigación fue el de la Escuela Anglosajona de Prospectiva, conocida como Foresight, que ha permitido identificar los principales factores de cambio (drivers) y tendencias que tendrían impacto sobre el futuro de la Ingeniería Industrial, y que gracias a su combinación, ha permitido la construcción de los escenarios futuros. El estudio permite prever que al 2025 la ingeniería industrial seguiría vigente en el Perú, aunque sus focos de concentración ya no serán los tradicionales, sino que la profesión se adaptará a las nuevas tecnologías en uso en el año 2025, en un proceso de inserción a esta Era de la sociedad y economía del conocimiento que estamos y estaremos viviendo.

Palabras clave

Ingeniería industrial, prospectiva, previsión, futuro, empleabilidad.

1 Introducción

La Ingeniería Industrial nace en la primera década del Siglo XX a partir de la ingeniería mecánica, como resultado de las exigencias de una actividad industrial creciente donde la complejidad de las operaciones hacía cada vez más difícil integrar eficientemente trabajadores, materiales y máquinas.

No se puede negar que la ingeniería industrial es fruto de la Revolución Industrial y su desarrollo permitió que la Era Industrial llegara a marcar no sólo las estructuras productivas, sino también las económicas y sociales, de todas las naciones sobre la Tierra.

Sin embargo el cambio de era de la Sociedad Industrial hacia la Sociedad de la Información, primero, y luego, hacia la Sociedad del Conocimiento, ha puesto en cuestionamiento el futuro de la Ingeniería Industrial, carrera que es una de las especialidades de la ingeniería con mayor número de estudiantes en el Perú.

¿Podrá la Ingeniería Industrial adaptarse a los nuevos paradigmas vigentes de la Sociedad y Economía del Conocimiento y seguir siendo una opción laboral en el Perú al 2025? Para responder a esta pregunta fundamental que es la naturaleza de problema bajo análisis, se diseñó la investigación como un estudio formal de prospectiva, es decir que cumpla con todas las etapas del proceso prospectivo.

Esta decisión se debió a que en la literatura académica es posible encontrar investigaciones muy interesantes que han tenido el objetivo de prever el desarrollo futuro de la Ingeniería Industrial, incluso llevando como título la palabra “prospectiva”, como el importante trabajo “Prospectiva de la Ingeniería Industrial hacia el 2020” del Maestro Domingo González Zúñiga, de la Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería y Ciencias Sociales y Administrativas del Instituto Politécnico Nacional de México. Sin embargo, un análisis de su investigación nos muestra que no empleó estrictamente el método prospectivo, sino que hizo un excelente análisis de tendencias tecnológicas.

Justamente, esta investigación ha tratado de seguir cada una de las etapas del proceso prospectivo (Georghiou et al, 2008):

- a) Análisis retrospectivo
- b) Identificación de factores de cambio (drivers)
- c) Validación de los factores de cambio
- d) Construcción de escenarios futuros posibles (futuribles)
- e) Valoración de los escenarios e identificación de las competencias claves del futuro ingeniero industrial para cada uno de ellos.

Para ello, se empleó el enfoque de la Escuela Anglo-Sajona de Prospectiva, conocida también como Foresight, por ser la que mejor podría ayudarnos a responder la pregunta del problema, dentro de los marcos de tiempo y presupuesto de la investigación.

2 Detalles de la investigación

2.1 Objetivo de la investigación

El objetivo principal de la investigación es conocer la visión de los jóvenes estudiantes sobre la viabilidad futura de la ingeniería industrial como profesión en el Perú, y de ser aún viable, apoyar a mantener la competitividad laboral de los futuros alumnos de ingeniería industrial desde el presente (2014) hasta el año 2025, mediante la identificación de las principales tendencias y escenarios futuros que enfrentaría esta carrera profesional en el Perú.

2.2 Enfoque empleado

Se empleó el enfoque de la Escuela Anglosajona de Prospectiva, conocida como Foresight, que se caracteriza por lo siguiente (Batistella y De Toni, 2011):

- Es voluntarista, es decir, considera que el futuro pre-determinado no existe y por lo tanto se puede, construir.
- Es participatoria, es decir, sus herramientas permiten la participación de gran cantidad de actores sociales vinculados con el tema estudio.
- Tiene profundidad en el tiempo, es decir, permite analizar el futuro con un horizonte de tiempo que, dependiendo de la temática involucrada, puede llegar a los veinte años por delante.
- Sus resultados son sostenibles en el tiempo, es decir, el estudio de Foresight no termina con la presentación de los resultados, sino que la información recolectada y analizada puede ser sistemáticamente monitoreada en los siguientes meses y años, de tal forma que se pueda medir el comportamiento del futuro y conocer su ruta y el comportamiento de las variables claves identificadas.
- Nos permite manejar información de diferente naturaleza (tecnológica, política, social, económica, ambiental, valores del individuo) porque no podemos separar al tema de su entorno, por más tecnológico que pueda ser.

2.3 El proceso desarrollado

En esta investigación se siguió el proceso prospectivo tradicional compuesto de las siguientes etapas (Ortega, 2013):

2.3.1 El análisis retrospectivo

Etapas en la cual se hizo un análisis del desarrollo de la ingeniería industrial desde sus orígenes hasta la actualidad a fin de identificar las competencias claves que los distintos expertos han venido incorporando a la profesión en función de los cambios tecno-productivos y en su entorno socio-económico-ambiental.

2.3.2 Identificación de factores de cambio

La base conceptual del Foresight parte de la idea que el futuro es un sistema altamente complejo e indeterminado, compuesto por unidades básicas de incertidumbre denominadas

con el término inglés de “drivers” o factores de cambio. La clave del proceso prospectivo en el Foresight es identificar aquellos factores de cambio relevantes en la construcción del futuro del tema bajo estudio. Para ello existen varias herramientas metodológicas. Para esta investigación se eligieron dos de ellas: Environmental Scanning (que podemos traducir como “Exploración del Entorno”) y Análisis de Tendencias.

2.3.3 Validación de los factores de cambio

A fin de conocer si los factores de cambio identificados son realmente relevantes para la construcción del futuro del tema bajo análisis, se emplean herramientas metodológicas participativas para que actores sociales vinculados con el tema puedan expresar su opinión. Para esta etapa del proceso se eligió la Encuesta Delphi, que es la herramienta más conocida de la prospectiva, que además de ayudarnos a validar los factores de cambio, también nos ayuda a clasificarlos en dos dimensiones: importancia e incertidumbre, información extremadamente útil para la siguiente etapa del proceso.

2.3.4 Construcción de escenarios futuros posibles (futuribles)

Para desarrollar esta etapa del proceso prospectivo se emplearon dos herramientas que se complementan muy bien: los Ejes de Peter Schwartz y el Análisis Estructural. Gracias a ellos se identificaron primero los ejes de incertidumbre y luego, los escenarios individuales.

2.3.5 Valoración de los escenarios e identificación de las competencias claves del futuro ingeniero industrial para cada uno de ellos

Los escenarios identificados fueron sometidos a un análisis en tres dimensiones: probabilidad de ocurrencia, deseabilidad y gobernabilidad (desde el punto de vista de las universidades).

3 Resultados de la investigación

3.1 Análisis Retrospectivo

Los modelos productivos han cambiado a lo largo de los años desde que la Humanidad emprendió la conquista del planeta.

En la Tabla 1 se muestra la evolución histórica de los modelos productivos, y donde se aprecia que hoy estamos viviendo en una sociedad y economía donde se privilegia la generación del conocimiento, y en donde los expertos en temas específicos serán los mejor remunerados, porque son ellos los que crean la riqueza.

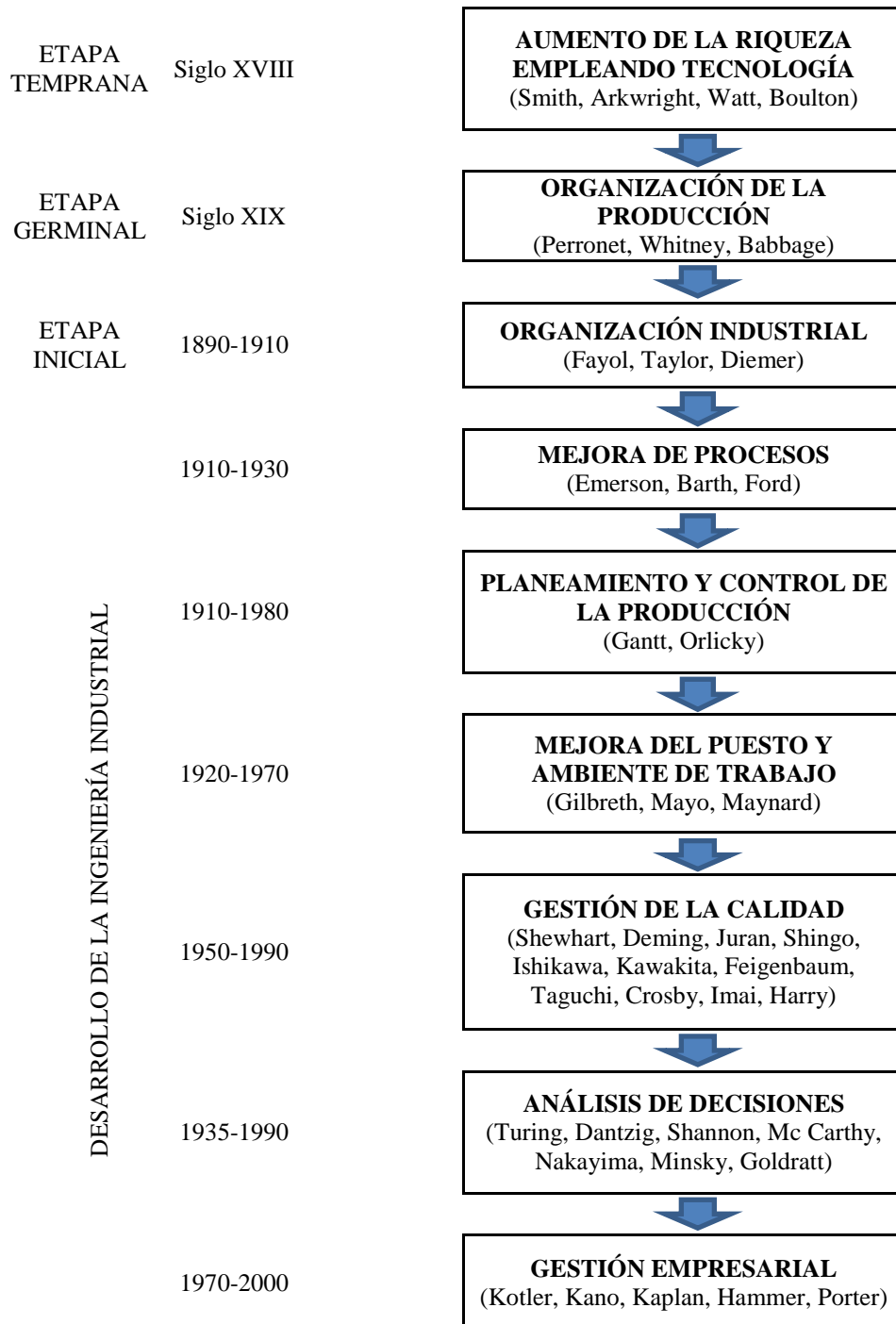
La ingeniería industrial se orientó desde sus inicios a mejorar la productividad de las organizaciones industriales, desde el diseño de las plantas de producción hasta la minimización de los desperdicios (de tiempo, materiales, energía). Desde un inicio, el ingeniero industrial demostró su gran flexibilidad para solucionar problemas productivos, y siempre estuvo orientado a mejorar la eficiencia de los procesos y la calidad de la producción. En la figura 1 podemos observar la evolución de los enfoques y metodologías de la ingeniería industrial a lo largo de los años.

La ingeniería industrial se gesta en los Siglos XVIII y XIX, situándose el hito inicial en la obra la Riqueza de las Naciones de Adam Smith (1776), donde plantea que la riqueza de las naciones procede del trabajo de la nación, haciendo el primer análisis de los sistemas de producción (Schwarz, 2012).

El desarrollo de la tecnología textil (Arkwright) y las aplicaciones del vapor en la producción (Watt y Boulton) generan aumentos significativos en la producción de bienes, surgiendo los primeros problemas de organización en las fábricas, que fueron atendidos por los primeros estudios de tiempos (Perronet), el desarrollo de piezas intercambiables (Whitney) y la aplicación de los primeros modelos analíticos de operaciones industriales (Babbage).

El remplazo del vapor por la electricidad generó un mayor incremento de la producción de bienes manufacturados, incrementando la complejidad de las operaciones al interior de las fábricas. Así, a finales del siglo XIX, Henri Fayol propone la división del trabajo y Frederick Taylor inicia la administración científica en las plantas de acero.

Es en ese contexto que Hugo Diemer dicta el primer curso de ingeniería industrial en la Universidad de Kansas (1902) y luego establecer el primer Programa de estudios de ingeniería industrial en Penn State University (1908).



Elaboración propia

Figura 1. Evolución de los enfoques y metodologías de la ingeniería industrial.



Tabla 1. Evolución de los modelos productivos.

	EDAD ANTIGUA			EDAD MEDIA Y MODERNA	ERA INDUSTRIAL	ERA POST-INDUSTRIAL	
INSUMO CLAVE DE LA ECONOMIA	PIEDRA	BRONCE	HIERRO	ACERO	ENERGIA	INFORMACIÓN	CONOCIMIENTO
FACTOR CLAVE DE LA PRODUCCIÓN	PEDERNAL, SILEX Y OBSIDIANA	FUNDICIÓN	FUNDICIÓN Y HERRERÍA	FUNDICIÓN Y HERRERÍA	MAQUINAS Y MOTORES	COMPUTADORAS	BASES DE DATOS E INTELIGENCIA ARTIFICIAL
ACTIVIDADES ECONÓMICAS (LAS PRINCIPALES EN AMARILLO)	RECOLECCION						
	AGRICULTURA INCIPIENTE	AGRICULTURA	AGRICULTURA	AGRICULTURA	AGRICULTURA	AGRICULTURA	AGRICULTURA
	GANADERIA INCIPIENTE	GANADERIA	GANADERIA	GANADERIA	GANADERIA	GANADERIA	GANADERIA
	AUTO ELABORACION DE ARTEFACTOS Y ARMAS	ARTESANIA INCIPIENTE	ARTESANIA	ARTESANIA	ARTESANIA	ARTESANIA	ARTESANIA
		MINERIA INCIPIENTE	MINERIA INCIPIENTE	MINERIA	MINERIA	MINERIA	MINERIA
			COMERCIO INCIPIENTE	COMERCIO	COMERCIO	COMERCIO	COMERCIO
				INDUSTRIA INCIPIENTE	INDUSTRIA	INDUSTRIA	INDUSTRIA
					ENERGIA	ENERGIA	ENERGIA
						SERVICIOS	SERVICIOS
							TECNOLOGIA
TIPO DE TRABAJADOR GENERADOR DE LA RIQUEZA	COMUNERO	ESCLAVO	ESCLAVO	SIERVO	TECNICO	ESPECIALISTA	EXPERTO

Elaboración propia

A partir de ese momento, habiendo alcanzado su independencia de la ingeniería mecánica, es cuando comienzan a desarrollar de manera sistemática un conjunto de enfoques y metodologías que le dan la riqueza conceptual y práctica a esta profesión.

El primer paquete de actuación estuvo vinculado con la **mejora de procesos**. Harrington Emerson, discípulo de Taylor, crea el primer Manual de gestión industrial: *The Twelve Principles of Efficiency* (1911), y para implementarlo, funda la primera empresa de consultoría industrial. Y las mejoras comienzan a producirse en las plantas de producción, con Carl Barth, inventando reglas de cálculo para mejorar el proceso de corte de planchas en acerías, y con Henry Ford desarrollando el concepto de producción en serie en cadenas de montaje.

La producción se volvió demasiado grande para ser administrada con las técnicas antiguas, por lo que la siguiente ola de herramientas estuvo orientada al **planeamiento y control de la producción**, tanto de insumos como de productos terminados, desde los diagramas de Henry Gantt, otro discípulo de Taylor, hasta el desarrollo de los sistemas de planeamiento de producción y materiales durante la Segunda Guerra Mundial, que llevó a la creación de los sistemas MRP (Material Requirement Planning) por Joseph Orlicky, precursor del Supply Chain Management.

El siguiente aspecto a ser abordado científicamente fue el **puesto de trabajo**, para que la labor de un operario sea, a la vez, muy productiva, pero también menos extenuante. Así, surgen los Estudios de Tiempos y Movimientos y el Análisis del Ambiente de Trabajo, aporte fundamental de la ingeniería industrial, desde los trabajos preliminares de Frank y Lillian Gilbreth, pasando por Elton Mayo y su estudio del comportamiento del trabajador en las organizaciones industriales, hasta H. B. Maynard, quien sistematiza todo el conocimiento previo y crea la Ingeniería de Métodos.

Como resultado del ordenamiento de la producción y de la mejora de los puestos de trabajo, hubo un aumento significativo de los bienes producidos en los talleres, pero había un porcentaje significativo de mermas y productos defectuosos, lo que generó un espacio importante para el desarrollo de enfoques vinculados con la **mejora de la calidad**. Así, vimos cómo fueron incorporándose propuestas desde el control estadístico de Shewhart y Deming, pasando por los círculos de calidad de Jurán, el sistema SMED de Shingo, los diagramas de causa-efecto de Ishikawa, los diagramas de afinidad de Kawakita, la gestión total de la calidad de Feigenbaum, el diseño de experimentos de Taguchi, finalizando en el cero defectos de Crosby, el método Kaizen de Imai y el método Six-Sigma de Harry.

Otro aspecto fundamental en el campo de la ingeniería industrial fue su temprana concentración en el tema del **análisis de decisiones**. Desde el desarrollo de algoritmos de Turing, el método SIMPLEX de Dantzig, la teoría matemática de la información de Shannon, la inteligencia artificial de Mc Carthy, el sistema de mantenimiento productivo de Nakayima, la semántica computacional de Minsky y la teoría de restricciones para modelos empresariales

de Goldratt, los métodos cuantitativos han reforzado significativamente el proceso de toma de decisiones.

Por lo tanto, no era extraño que el próximo gran paso de la ingeniería industrial fuera la *gestión empresarial*, especialmente desde el ángulo de la productividad y competitividad. Así, los conceptos de administración del marketing de Kotler, de satisfacción del cliente de Kano, el balanced scorecard de Kaplan, la reingeniería de procesos de Hammer y las estrategias competitivas de Porter, permitieron dotar a la ingeniería industrial de nuevas herramientas para cumplir mejor su misión.

Así se fue construyendo el corpus de conocimiento de la ingeniería industrial con que se ingresó al siglo XXI, donde los retos son cada vez mayores y la especialización es una de las mayores exigencias del mercado laboral.

Cabe señalar que la especialización del trabajo ingenieril en los últimos cincuenta años, ha llevado a un desmembramiento del campo de actuación tradicional de la ingeniería industrial. En el gráfico 2 se muestra este proceso que ha llevado a la creación de especialidades independientes de la ingeniería.

Un análisis de las concentraciones de la formación académica actual de los nuevos ingenieros industriales, nos muestra que los focos de atención de la carrera se encuentran en:

1. Control de la producción
2. Gestión empresarial (análisis de decisiones)
3. Procesos
4. Operaciones (métodos cuantitativos)
5. Automatización, optimización y sistemas
6. Logística
7. Gestión de la calidad
8. Seguridad, salud ocupacional y ambiente
9. Diseño de productos
10. Gestión de proyectos
11. Diseño de planta

Cabe señalar que los planes de estudio de las universidades de los países desarrollados, se concentran en los cuatro primeros puntos señalados anteriormente.

3.2 Identificación de factores de cambio

Se empleó el polígono tradicional (hexágono) del método de Environmental Scanning (Exploración del Entorno), que permite realizar la búsqueda de factores de cambio o “drivers” en seis dimensiones: político-legal, social, económica, tecnológica, ambiental y de valores y actitudes del individuo.



DESMEMBRAMIENTO DE LA INGENIERÍA INDUSTRIAL A PARTIR DE LOS AÑOS 70

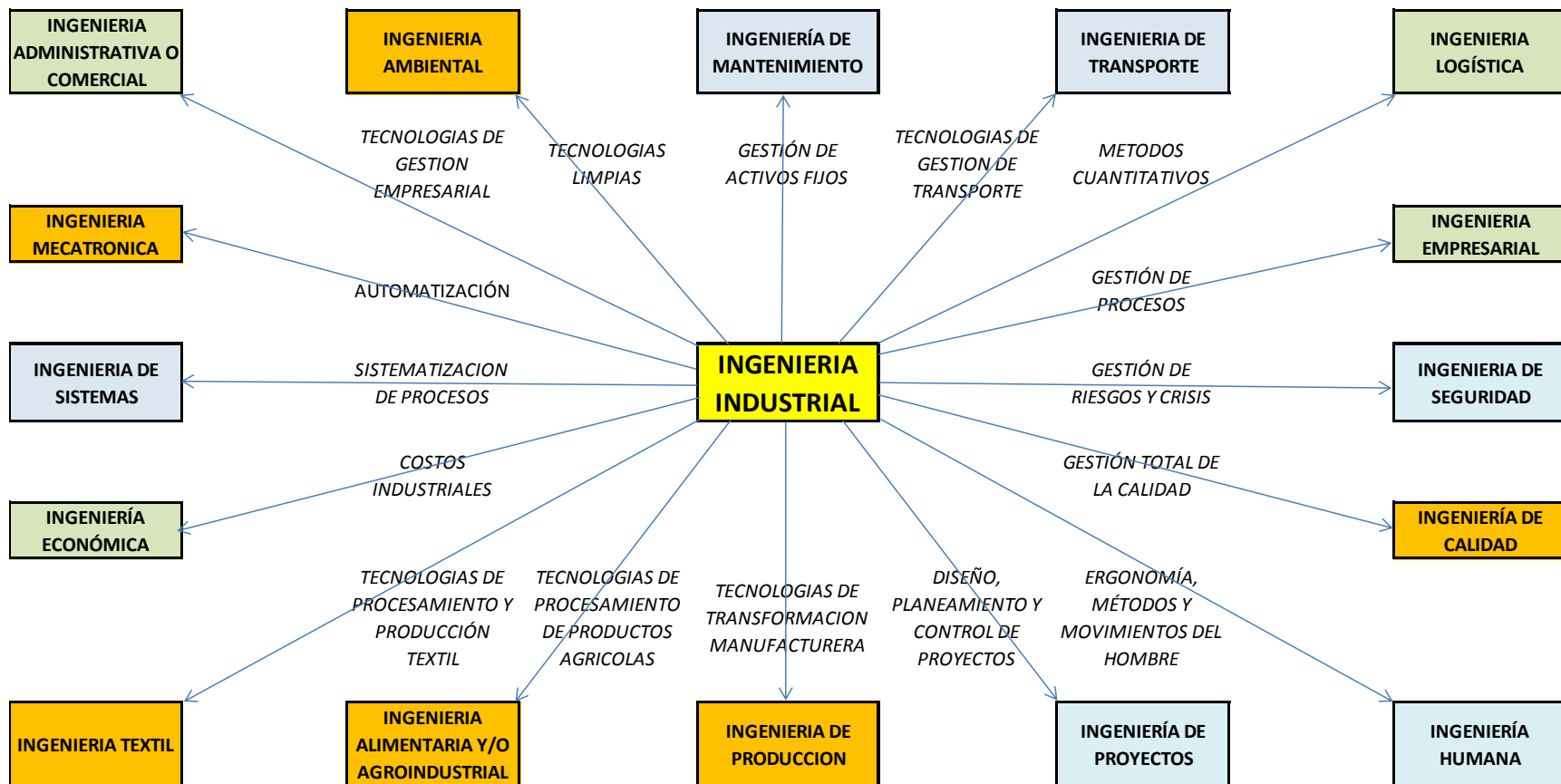


Figura 2. Carreras que se han desprendido de la Ingeniería Industrial (Elaboración propia).

Para ello se realizó una exhaustiva búsqueda bibliográfica que permitiera identificar los principales factores de cambio y las tendencias que moldearían el comportamiento de la actividad industrial en el Perú desde el presente hasta el año 2025.

Se identificaron 51 drivers, que fueron validados en un Taller que se realizó en el marco del XXIII Congreso Nacional de Estudiantes de Ingeniería Industrial 2013 realizado en la Universidad San Pedro de la ciudad de Chimbote (Perú), donde participaron 49 estudiantes de diferentes Universidades del país, habiéndose validado 49 drivers.

Posteriormente con el Método de Análisis de Tendencias, se identificaron 15 tendencias que eran relevantes y pertinentes a la investigación (Halal, 2013), (Wua et al, 2011), (Son et al, 2013), (Carvalho et al, 2013) , las que se muestran en la Tabla 2, y que permitieron llegar a un total de 90 drivers, que fueron los que ingresaron a la siguiente etapa de validación de drivers mediante la encuesta Delphi. Los 90 drivers se muestran en la Tabla 3.

Tabla 2. Principales tendencias aplicables al futuro de la Ingeniería Industrial

ÁREA TEMÁTICA	TENDENCIA
TECNOLOGÍA	Amplio uso de los productos elaborados a base de grafeno
	Automatización productiva basada en sistemas expertos reales (inteligencia artificial, redes neuronales, algoritmos genéticos, lógica difusa).
	La innovación tecnológica rápida y disruptiva crea un mundo más inteligente y móvil (internet de las cosas).
	Uso de fibras sintéticas y artificiales de gran calidad y bajo costo para la confección de prendas inteligentes.
	Preferencia masiva de alimentos funcionales llegando incluso a buscar personalizarlos.
	Desarrollo y consumo de productos basados en la Convergencia Tecnológica NBIC
	Amplia difusión de la impresión 3D en diferentes materiales, incluyendo células vivas.
MEDIO AMBIENTE	Auge de las energías renovables (fotosíntesis, biocombustibles por bacterias y algas, energía solar satelital)
	Exigencia internacional del uso de procesos productivos amigables con el medio ambiente (clean technologies)
ECONOMÍA	El control de China y la India sobre el mercado de los productos de baja y media tecnología.

	Empresas multinacionales con estrategias diferenciadas para cada mercado, segmento y nicho.
SOCIEDAD	Conformación de una gran clase media mundial, pero manteniendo los rasgos típicos locales (globalización)
	Diseminación de los sistemas masivos de formación por internet por parte de Universidades de prestigio.
	Notorio envejecimiento de la población en los países desarrollados y NICs (menor natalidad y mayor esperanza de vida)
POLITICA	Mayor participación ciudadana en los procesos de toma de decisiones, producto de una fragmentación del poder institucionalizado por el uso masivo de redes sociales.

La Encuesta Delphi fue aplicada a los alumnos del curso de Prospectiva Tecnológica de la Facultad de Ingeniería Industrial, quienes fueron capacitados sobre la metodología y tenían conocimiento de las principales tendencias tecnológicas, sociales, económicas, políticas y medioambientales.

La Encuesta Delphi permitió identificar las dos dimensiones relevantes de cada uno de los drivers: importancia e incertidumbre. A continuación se aplicó el Método de los Ejes de Schwartz, para conocer la posición de los drivers en cada uno de los cuatro cuadrantes de la combinación de importancia e incertidumbre. Así se obtuvieron: 31 drivers para el cuadrante I (Entorno: -Importante y -Incierto), 39 drivers para el cuadrante II (Base: +Importante y -Incierto), 13 drivers para el cuadrante III (Diversidad: +Importante y +Incierto) y 7 drivers para el cuadrante IV (Detalles: -Importante y +Incierto). Dicha distribución cumple con las reglas empíricas que la relación +Importante/-Importante no debe pasar de 60/40 y que en el cuadrante III haya más de un 10% del total de drivers. La distribución de los drivers en los cuatro cuadrantes generados por los Ejes de Schwartz se muestra en la Tabla 3.

A los drivers de los cuadrantes I, II y III se les aplicó el Método del Análisis Estructural para conocer la estructura de los subsistemas de los que ellos forman parte. El Análisis Estructural nos permitió identificar las principales cadenas de relación de los cuadrantes I (el tema ambiental, el tema laboral, el tema energético, el tema social y el tema de telecomunicaciones) y II (el comportamiento de la economía global y de la economía peruana, la competitividad de los sectores productivos peruanos, la productividad y competitividad de las organizaciones individuales por sí mismas, y la infraestructura tecnológica). También permitió identificar los principales Ejes de Incertidumbre del cuadrante III:



Tabla 3: Drivers considerados para el análisis, distribuidos en los cuadrantes de los Ejes de Schwartz

I: ENTORNO	II: BASE	III: DIVERSIDAD	IV: DETALLES
BANCARIZACIÓN EN EL PERÚ	ACCESO A INTERNET EN HOGARES	AUTOMATIZACIÓN	CONSTITUCIÓN DE EMPRESAS
CALIDAD DE LAS PRÁCTICAS PROFESIONALES	CALIDAD DE LOS ESTUDIOS DE POSTGRADO	CALIDAD DE LOS ESTUDIOS DE PREGRADO	DESARROLLO DE LA INDUSTRIA MILITAR
CAMBIOS EN LAS PREFERENCIAS DE LOS CONSUMIDORES	CENTROS TECNOLÓGICOS DE EXCELENCIA	COMPETENCIA DE PRODUCTOS CHINOS	INSTITUCIONALIDAD DEMOCRÁTICA
CLIMA LABORAL	COMPETENCIAS LABORALES	DESARROLLO DE LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION	MIGRACIONES EN EL PERÚ
COMPORTAMIENTO DE LA RESPONSABILIDAD SOCIAL EMPRESARIAL	COMPETITIVIDAD DEL PAÍS	DESARROLLO DE PARQUES INDUSTRIALES	PERÚ COMO ECONOMIA EMERGENTE
COMPRAS ESTATALES	COMPORTAMIENTO DEL RIESGO PAÍS	DESARROLLO DE PRODUCTOS DE GRAFENO	RESPECTO A LA PROPIEDAD INTELECTUAL
CONFIANZA EN EL GOBIERNO	COMPORTAMIENTO DE LA ECONOMIA MUNDIAL	DESEMPEÑO DE LA CLASE MEDIA	TELETRABAJO
CONFLICTOS SOCIALES	COMPORTAMIENTO DE LA ECONOMIA PERUANA	INFRAESTRUCTURA DE CARRETERAS PAVIMENTADAS	MINERIA NO METALICA
CONVERGENCIA TECNOLÓGICA NBIC	COMPORTAMIENTO DE LAS ECONOMÍAS EMERGENTES	INVERSION EN CIENCIA, TECNOLOGIA E INNOVACIÓN	
DESARROLLO DE DISTRITOS INTELIGENTES	CREACION DEL MERCADO UNASUR	POLITICA NACIONAL DE CALIDAD	
DESARROLLO DEL E-COMMERCE	DESARROLLO DE CADENAS PRODUCTIVAS	PREVENCIÓN DE DESASTRES NATURALES	
DISCRIMINACION RACIAL	DESARROLLO DE LA INDUSTRIA QUÍMICA Y PETROQUIMICA	REDES SOCIALES	
EDAD DE JUBILACION	DESARROLLO DE LA INDUSTRIA DEL SOFTWARE	TRATADOS DE LIBRE COMERCIO	
EMPLEO DE LA ENERGIA EOLICA	DESARROLLO DE LA INDUSTRIA METALÚRG., SIDERÚRGICA Y METALMECÁNICA		
EMPLEO DE LA ENERGIA SOLAR	DESARROLLO DE LA INDUSTRIA TEXTIL		
ENVEJECIMIENTO DE LA POBLACIÓN	DESARROLLO DE LA INFRAESTRUCTURA PORTUARIA		
FONDOS PRIVADOS DE PENSIONES	DESARROLLO DEL AGRO, AGROINDUSTRIA E INDUSTRIA ALIMENTARIA		
INDUSTRIA CULTURAL	DESARROLLO DEL TRANSPORTE EN FERROCARRIL		
LEALTAD CON LA ORGANIZACIÓN	DESCENTRALIZACIÓN ECONÓMICA DEL PAÍS		
LEGISLACION LABORAL	DISEÑO INDUSTRIAL		
MANEJO DE EFLUENTES	EMISIONES DE CO2 AL AMBIENTE		
MEDICINA PREVENTIVA	ENSEÑANZA DE LAS MATEMATICAS		
MINERIA INFORMAL	EQUIDAD DE GENERO		
POLÍTICA DE PROMOCIÓN DE EXPORTACIONES	ESPECIALIZACIÓN PRODUCTIVA DEL PERÚ		
PRODUCCION AGRÍCOLA OGM	HONESTIDAD		
PRODUCCION DE BIOCOMBUSTIBLES	INVERSIÓN EN ENERGÍAS LIMPIAS		
PROPIEDAD DE LA INDUSTRIA NACIONAL	METODOS DE PRODUCCION PREDOMINANTE		
RECONVERSION LABORAL	PERSONALIZACION DE LA PRODUCCION		
RESPECTO A LAS LEYES	POLÍTICA DE RECICLAJE		
ROTACION VOLUNTARIA DE PERSONAL	POLITICA DE PROMOCION DE INVERSIONES		
	PRESUPUESTO PÚBLICO PARA LA EDUCACION SUPERIOR		
	PROMOCIÓN DE LA ACTIVIDAD TURISTICA		
	RELACION UNIVERSIDAD-EMPRESA		
	SEGURIDAD ALIMENTARIA		
	SEGURIDAD CIUDADANA		
	SEGURIDAD ENERGÉTICA		
	TERRORISMO		
	TRABAJO EN EQUIPO		
	VISION DE FUTURO		

Tabla 4. Determinación del escenario-meta en función de los criterios de probabilidad de ocurrencia, deseabilidad y gobernabilidad.

ESCENARIOS	NOMBRE DE LOS ESCENARIOS	DIMENSIONES Y PESO ESPECIFICO			SUMATORIA	PRIORIDAD
		1 PROBABILIDAD	2 DESEABILIDAD	1 GOBERNABILIDAD		
1	UNIVERSIDAD AL SERVICIO DEL PAÍS	8	1	8	18	CUARTA PRIORIDAD
2	EL SECTOR PRIVADO DIRIGE LA INVESTIGACIÓN	7	4	5	20	SEXTA PRIORIDAD
3	AUTOGENERACIÓN DE TECNOLOGIA	6	2	3	13	PRIMERA PRIORIDAD
4	NADIE SABE PARA QUIEN TRABAJA	5	5	4	19	QUINTA PRIORIDAD
5	JOINT VENTURES Y ALIANZAS ESTRATÉGICAS	1	3	7	14	SEGUNDA PRIORIDAD
6	PAIS DE MAQUILA Y COMPRA DE TECNOLOGIA	2	7	6	22	SÉPTIMA PRIORIDAD
7	TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AL MÁXIMO	3	6	1	16	TERCERA PRIORIDAD
8	CREANDO DEPENDENCIA A DIARIO	4	8	2	22	OCTAVA PRIORIDAD

- Entorno para el desarrollo de conocimiento,
- Desarrollo de una economía competitiva,
- Educación superior insertada en las redes del conocimiento.

Los tres Ejes de Incertidumbre mencionados generaron ocho escenarios diferenciados:

- E1: Universidad al servicio del país
- E2: El Sector Privado dirige la investigación
- E3: Autogeneración de tecnología
- E4: Nadie sabe para quién trabaja
- E5: Joint ventures y alianzas estratégicas
- E6: País de maquila y compra de tecnología.
- E7: Transferencia tecnológica al máximo
- E8: Creando dependencia a diario

Se analizaron los ochos escenarios en los tres atributos de interés de los actores sociales: probabilidad de ocurrencia, deseabilidad y gobernabilidad, otorgando al criterio de deseabilidad un peso doble. Se aplicó el criterio del ranking: 1 para el valor mayor y 8 para el valor menor. La Tabla 4 muestra la aplicación del criterio de los rankings. Se observa que el escenario E3 (Autogeneración de tecnología) es el que obtuvo el menor valor agregado de los tres atributos (13), pudiendo ser considerado como el “escenario-meta”. Cabe destacar que el escenario E3 tiene el menor valor en la suma de los atributos de “deseabilidad” y “governabilidad”, lo cual refuerza esa posición de “escenario-meta”.

El escenario E3 está formado por los siguientes valores:

- Entorno para el desarrollo de conocimiento: favorable
- Desarrollo de una economía competitiva: desfavorable
- Educación superior insertada en las redes del conocimiento: favorable.

Con esa configuración, la descripción del escenario E3 sería la siguiente:

“En el año 2025, con gran esfuerzo y a pesar de las limitaciones presupuestales y de inversión privada, las empresas, universidades y los centros de investigación peruanos vienen desarrollando proyectos de diversificación productiva y de innovación, orientados principalmente a darle mayor agregado a los recursos naturales. Lamentablemente, el cambio tecnológico ha sido tan violento, que la economía peruana no ha alcanzado niveles de competitividad global aceptable por lo que en el mercado interno la competencia de productos extranjeros desplaza cotidianamente a la producción nacional, y las exportaciones peruanas se concentran en nichos donde lo exótico y la calidad son atributos que se reconocen en los productos peruanos. Por otro lado, las Universidades peruanas se han insertado adecuadamente en las redes de conocimiento, aprovechando las tecnologías de información y comunicaciones, habiendo desarrollado convenios y proyectos conjuntos con importantes Universidades del exterior, principalmente a través de Centros de Investigación Aplicada, en temas prioritarios para el país: energía, biodiversidad, medioambiente, prevención de desastres, nuevos materiales, entre otros.”

En un escenario así, la ingeniería industrial tendría que adaptar su formación académica a fin de generar en los futuros egresados las siguientes competencias:

- **Visión de futuro:** para hacer frente a los desafíos que generarán los cambios tecnológicos de la tercera y cuarta década del Siglo XXI.
- **Dominio de las TICs:** todos los procesos implicarán un uso intensivo y extensivo de las tecnologías de información y comunicación.
- **Dominio de por lo menos un idioma extranjero:** dada la alta interacción de las actividades con organizaciones del exterior.
- **Dominio de métodos cuantitativos:** dado que los procesos serán cada vez más complejos y requerirán soluciones ad-hoc y en el menor tiempo posible.
- **Dominio de la gestión por procesos y orientación a resultados:** dada la gran competencia existente en el mercado donde los niveles de productividad y la obtención de resultados serán los indicadores de la efectividad de la gestión de los ejecutivos.
- **Dominio de análisis de decisiones:** porque aumentará significativamente la complejidad de las decisiones que tendrá que tomar un ejecutivo (las decisiones de baja complejidad serán automatizadas y monitoreadas).

4 Conclusiones

El estudio de prospectiva nos lleva a las siguientes conclusiones:

- a) Al 2025, la carrera de ingeniería industrial seguirá siendo demandada el mercado laboral peruano y por lo tanto, su formación en las Universidades continuará, pero orientando su concentración hacia el control de la producción, Gestión empresarial (análisis de decisiones), optimización de procesos, operaciones (métodos cuantitativos), logística (Supply Chain Management o SCM) y gestión del conocimiento y de la innovación.
- b) El futuro de la ingeniería industrial en el Perú está muy ligado al desarrollo de la economía nacional, en particular, en su capacidad de insertarse a la economía global y a la generación de conocimiento en el país, así como su capacidad de generar, asimilar y adaptar tecnologías.
- c) Desafortunadamente, por su propia naturaleza manufacturera, la ingeniería industrial está vinculada a una era anterior, la Era Industrial, y debe adecuarse rápidamente a la era actual, la Sociedad y Economía del Conocimiento, donde primará la “mentefactura” (“mentofactoring” o “mindfactoring”). Habría que evaluar la posibilidad incluso de cambiarle el nombre de la carrera para adecuarla a los tiempos vigentes. Se podría proponer el nombre de “Ingeniería del Conocimiento Tecnológico”, ya que el nombre de “Ingeniería del Conocimiento” (Knowledge Engineering), ya ha sido tomado por los propulsores de la Inteligencia Artificial (Studer et al, 1998).
- d) Lo anterior queda demostrado en el desmembramiento que sufre la ingeniería industrial en nuevos campos de actuación de la ingeniería desde los últimos cincuenta años, y que se vio agudizada en los últimos veinte años. Eso deja un campo cada vez más estrecho de actuación que limita el panorama laboral de los nuevos ingenieros industriales, lo que se agravará en los próximos años.

Agradecimientos

Esta investigación fue posible realizarla gracias al apoyo financiero e institucional del Instituto de Investigación Científica y de la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad de Lima (Perú).

Referencias

- Battistella, C. y De Toni, A. (2011), “*A methodology of technological foresight: A proposal and field study*”, *Technological Forecasting & Social Change* N° 78, pp. 1029–1048.
- Carvalho, A., Fleury, A. y Lopes, A.P. (2013) “*An overview of the literature on technology roadmapping (TRM): Contributions and trends*”, *Technological Forecasting & Social Change*. Volume 80, Issue 7, Setiembre 2013, pp. 1418–1437.
- Georghiou, L., Harper, J., Keenan, M., Miles, I. y Popper, R. (2008), *The Handbook of Technology Foresight : Concepts and Practice*, Cheltenham UK: Edward Elgar Publishing Limited.
- González, D. (2004), “*Prospectiva de la Ingeniería Industrial hacia el 2020*”, *Revista UPIICSA*, año XII, V.36, México, pp. 25-36
- Halal, W. (2013), “*Forecasting the Technology Revolution: Results and learnings from the TechCast Project*”, *Technological Forecasting & Social Change* 80, issue 8, Octubre 2013, pp. 1635-1643.
- Ortega, F. (2013), *Prospectiva Empresarial: Manual de Corporate Foresight para América Latina*, Lima: Fondo Editorial de la Universidad de Lima.
- Son, C., Geumb, Y. y Park Y. (2013), “*How to identify the trends of services: GTM-TT service map*”, *Expert Systems with Applications* 40, pp. 2956–2965.
- Studer, R., Benjamins, V.R. y Fensel, D. (1998), “*Knowledge Engineering: Principles and methods*”, *Data & Knowledge Engineering* 25, pp. 161-197.
- Wua, F., Hsu, C., Lee, P. y Su, GH. (2011), “*A systematic approach for integrated trend analysis - The case of etching*”, *Technological Forecasting & Social Change* 78, pp. 386–407.