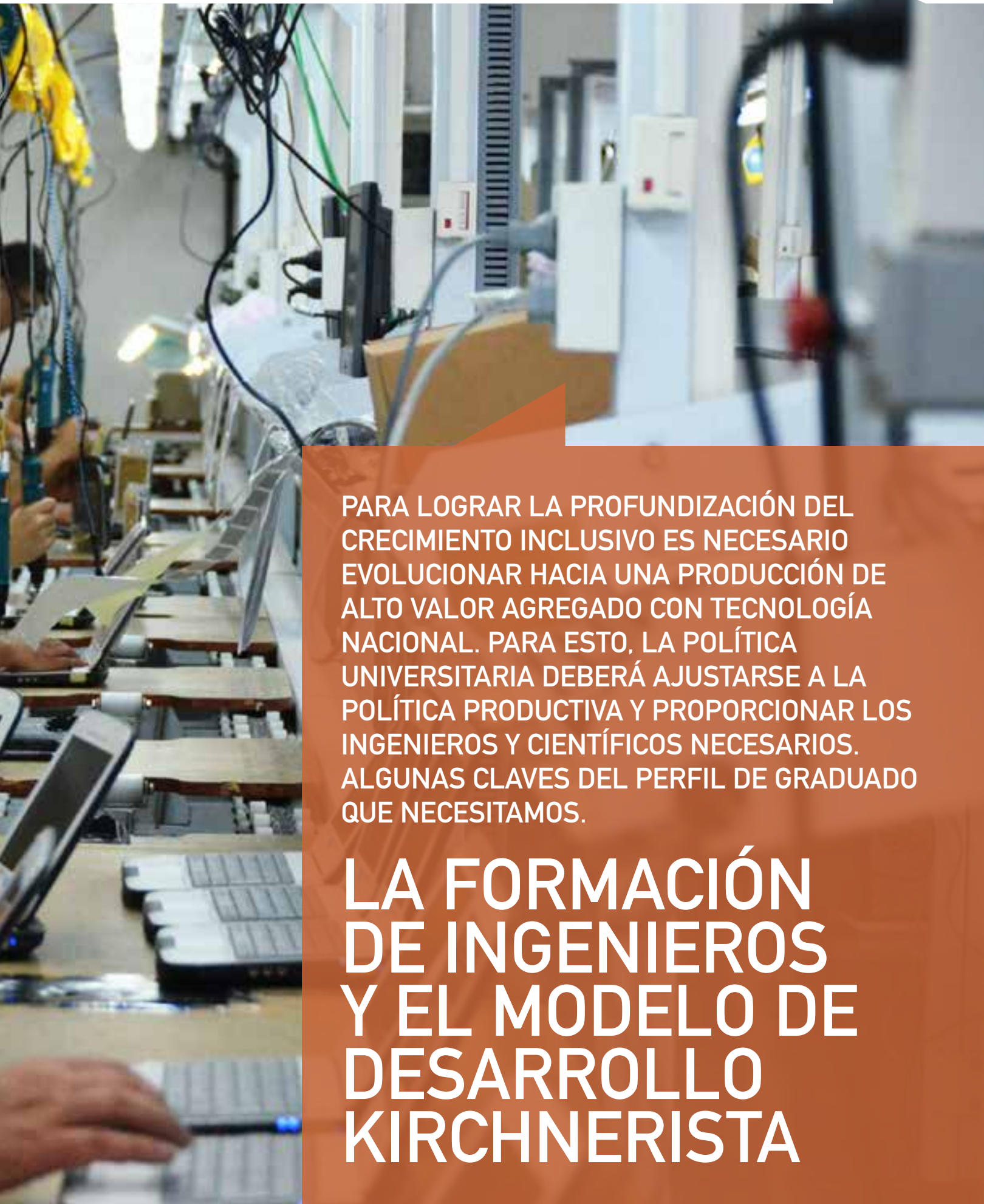




por **EDUARDO N. DVORKIN**

*Ph.D. en Ingeniería Mecánica. Profesor de
la Facultad de Ingeniería - UBA*



PARA LOGRAR LA PROFUNDIZACIÓN DEL CRECIMIENTO INCLUSIVO ES NECESARIO EVOLUCIONAR HACIA UNA PRODUCCIÓN DE ALTO VALOR AGREGADO CON TECNOLOGÍA NACIONAL. PARA ESTO, LA POLÍTICA UNIVERSITARIA DEBERÁ AJUSTARSE A LA POLÍTICA PRODUCTIVA Y PROPORCIONAR LOS INGENIEROS Y CIENTÍFICOS NECESARIOS. ALGUNAS CLAVES DEL PERFIL DE GRADUADO QUE NECESITAMOS.

LA FORMACIÓN DE INGENIEROS Y EL MODELO DE DESARROLLO KIRCHNERISTA

La política universitaria, en lo que hace a la formación de ingenieros y tecnólogos, deberá ajustarse a la política productiva y proporcionarle al país, en cantidad y calidad, los necesarios ingenieros o científicos con vocación de tecnólogos.

El proceso de desarrollo inclusivo que estamos atravesando puede ser definido sucintamente como crecimiento del valor de la producción argentina y disminución simultánea del índice de Gini. La simultaneidad en la evolución de ambos indicadores es la característica distintiva del proceso.

Para lograr la profundización del crecimiento inclusivo es necesario evolucionar de productores de *commodities* agrarias e industriales incluyendo aceleradamente la producción de productos de alto valor agregado con tecnología nacional.

Intentar modificar la matriz productiva del país para evolucionar hacia la producción de productos complejos con tecnología

nacional implica asumir riesgos y aceptar tiempos largos para el recupero del capital invertido y para la obtención de beneficios por las inversiones realizadas. Resulta evidente además que para desarrollos de alta complejidad tecnológica las ventajas competitivas actuales del país son escasas y en la lógica de las empresas productivas privadas sólo por excepcionalidad nuestro país resultaría la opción de elección para localizar este tipo de desarrollos.

Por lo tanto, el actor fundamental de este proceso es necesariamente el Estado nacional.

Este proyecto de desarrollo tecnológico autónomo presenta nuevas necesidades a las que deben adaptarse nuestras escuelas de Ingeniería en las universidades nacionales.

Científicos y tecnólogos

El objetivo de los científicos es entender la naturaleza para poder establecer leyes que permitan predecir sus fenómenos. Este objetivo no necesita justificarse con consideraciones económicas o sociales y vale por sí mismo. Los resultados de la investigación científica normalmente se publican.

El objetivo de los tecnólogos es modificar la naturaleza para satisfacer las necesidades de los hombres. Este modificar la naturaleza puede basarse en conocimientos científicos o en el puro empirismo y, obtenidos los resultados esperados, no resulta importante justificar las metodologías de obtención y uso de los conocimientos necesarios. Los resultados normalmente no se publican pues son considerados como una propiedad (de empresas privadas, cooperativas, o del Estado).

La ciencia aplicada resulta un híbrido que se enfoca hacia un fin último, como la tecnología, pero es válida aun sin alcanzar dicho fin, por ser en definitiva ciencia. Los resultados de la investigación científica aplicada también se publican, con el posible retardo de los tiempos necesarios para obtener patentes o para preservar secretos industriales.

Los filósofos griegos, a los que les resultaba inaceptable la justificación de su trabajo en base a necesidades prácticas (salvo los médicos), constituyen el hito histórico que marca el nacimiento de la ciencia, mientras que los romanos, que construían acueductos, viaductos y grandes estructuras sin tener el conocimiento previo de los fundamentos científicos de sus diseños son el hito histórico que marca el comienzo del desarrollo de la ingeniería.

Dos importantes novedades del siglo XX fueron:

- ▶ El desarrollo intensivo de la *"Ingeniería científica"*, que incrementa fuertemente las posibilidades de desarrollo de tecnologías mediante la aplicación de conocimientos y metodologías científicas.
- ▶ El fuerte desarrollo de la *"Ciencia aplicada"*, que poniendo el foco en el impacto tecnológico del trabajo científico, incrementa su valor social y consecuentemente los fondos que la sociedad está dispuesta a invertir en el desarrollo científico en general. En *Science the endless frontier* (<http://www.nsf.gov/od/lpa/nsf50/vbush1945.htm>), Vannevar Bush, el fundador de la National Science Foundation, sentó las bases de esta integración entre la ciencia y la ingeniería, que sirvió y sirve de fundamento al complejo académico-industrial estadounidense.

Pasteur y el proyecto kirchnerista de desarrollo

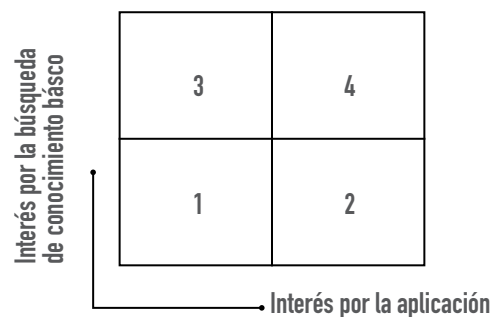
Existen dos visiones encontradas e incompatibles sobre nuestro modelo de país:

- ▶ La visión neoliberal que apunta a un país que basa su crecimiento en la fertilidad de nuestros campos y en el bajo precio de nuestra energía y de nuestra mano de obra. Este es un país en que el desarrollo de la ciencia es un lujo y el único objetivo del trabajo científico es el lucimiento internacional. Inevitablemente este es un modelo de país de altos índices de Gini, es decir, con grandes desigualdades socioeconómicas.
- ▶ La visión del proyecto kirchnerista que busca un país productor de tecnologías para lograr desarrollar productos y procesos innovativos y de alto valor agregado, en el que el desarrollo de la ciencia se convierte en una necesidad y en el que se desarrollan puestos de trabajo de creciente complejidad.

¿Qué perfil deberán tener los jóvenes ingenieros encargados de desarrollar la tarea de continuar complejizando y por lo tanto valorizando la producción nacional?

Debemos comenzar entendiendo a los diferentes actores del complejo de ciencia y tecnología y sus motivaciones. Donald E. Stokes propuso en 1997 el esquema que presentamos en la Figura 1, en donde ubicamos en una escala de intensidades los motores de las diferentes actividades científico-tecnológicas.

Figura 1. Los cuadrantes del Sistema de C&T



Utilizaremos este esquema para representar nuestra visión del estado actual en nuestro país de la relación entre las motivaciones científicas (*"Interés por la búsqueda de conocimiento básico"* en el eje vertical) y las motivaciones tecnológicas (*"Interés por la aplicación"* en el eje horizontal):

- ▶ El cuadrante 1 es en el que ubicamos las aplicaciones ingenieriles estándar.
 - ▶ El cuadrante 2 es en el que ubicamos las aplicaciones ingenieriles avanzadas (el *Cuadrante de Edison* en la terminología de Stokes). En este cuadrante hay poca actividad en el país y principalmente se localiza en empresas estatales o con mayoría estatal (INVAP, YTEC, NA-SA, CONEA, CONAE, etc.).
 - ▶ El cuadrante 3 es en el que ubicamos la ciencia pura o ciencia motivada por la curiosidad (el *Cuadrante de Bohr* en la terminología de Stokes). En este cuadrante hoy se localiza mayoritariamente la actividad que desarrollan los investigadores científicos argentinos (CONICET).
 - ▶ El cuadrante 4 es en el que ubicamos la articulación científico-tecnológica (el *Cuadrante de Pasteur* en la terminología de Stokes). Este cuadrante en nuestro país se encuentra poco poblado y es, notablemente, el que está relacionado con el diseño y producción de productos y procesos innovativos de alto valor agregado. Nuevamente son las empresas del Estado nacional las que, por su compromiso tecnológico, requieren poblar este cuadrante y son ellas las que lo están haciendo.
- El proyecto de desarrollo inclusivo kirchnerista requiere poblar el Cuadrante de Pasteur con nuevos ingenieros y tecnólogos con la aptitud y actitud necesarias.

La formación de ingenieros

El proyecto de desarrollo kirchnerista requiere la formación de ingenieros y tecnólogos con el máximo nivel teórico posible en ciencias básicas y ciencias de la ingeniería, capaces de aplicar creativamente sus conocimientos en la solución de nuevos y originales problemas tecnológicos. Estos nuevos tecnólogos deberán ser formados técnica e ideológicamente para ser los sujetos de un innovativo desarrollo tecnológico argentino.

Los ingenieros y científicos necesarios para trabajar en lo que se ha denominado como el Cuadrante de Pasteur son:

- ▶ **Ingenieros-Científicos:** ingenieros con sólida formación en ciencias básicas y en ciencias de la ingeniería; también licenciados en física, química, matemáticas, ciencias de la computación, biólogos, etc., con fuerte afinidad con el desarrollo de temáticas



Los ámbitos típicos para desarrollar investigación científica son las instituciones sin fines de lucro, como las universidades nacionales. Los ámbitos de desarrollo tecnológico son las empresas del sector productivo o de servicios. En nuestro país las empresas desarrolladoras de tecnología son mayoritariamente las empresas estatales o con mayoría estatal.

tecnológicas. Estos ingenieros-científicos son el reservorio para reclutar los futuros doctorandos en Ingeniería.

► **Científicos-Ingenieros:** son doctores en ingeniería o en ciencia que se concentran en temáticas de desarrollo tecnológico. Si la formación de los futuros ingenieros apunta a desarrollar los conocimientos necesarios para trabajar en el Cuadrante de Pasteur; es decir, si se planifica la formación de ingenieros-científicos podremos, seguramente, estar “sobre-formando” a una gran cantidad de ingenieros en relación con los requerimientos del mercado laboral pero estaremos caminando hacia lo que estratégicamente debiera ser nuestra meta. Paralelamente iremos transitando de escuelas de ingeniería que solamente transmiten información tecnológica a escuelas de ingeniería que investigan, desarrollan y simultáneamente transmiten conocimientos tecnológicos, con el salto cualitativo que esto implica.

Transformar nuestras escuelas de ingeniería

Los ámbitos típicos para desarrollar investigación científica son las instituciones sin fines de lucro, como las universidades nacionales. Los ámbitos de desarrollo tecnológico son las empresas del sector productivo o de servicios. En nuestro país las empresas desarrolladoras de tecnología son mayoritariamente las empresas estatales o con mayoría estatal.

La investigación científica aplicada debe ser compartida por ambos tipos de instituciones.

Es fundamental comprender que un desarrollo tecnológico puede involucrar un desarrollo científico (ciencia aplicada) pero lo excede. El tecnólogo no sólo debe desarrollar un producto o proceso, sino que debe ocuparse de la factibilidad de su producción y de su inserción con la calidad y el costo requeridos en el mercado.

Por lo tanto, el ámbito natural de un desarrollo tecnológico no es el universitario. Sin embargo, es normal en el mundo que empresas productivas o de servicios financien en las universidades desarrollos científicos necesarios para aplicarlos en sus desarrollos tecnológicos.

Es necesario, para poder formar los tecnólogos que un desarrollo independiente de tecnología requiere, transformar fuertemente nuestras muy conservadoras escuelas de ingeniería. Una discusión que deberá ser encarada en un futuro cercano es la de evolucionar desde nuestra tradicional carrera “larga” al sistema anglo-estadounidense y ahora también europeo con el escalonamiento *Bachelor-Master-Ph.D.* De todas formas, para que esta discusión tenga sentido y no se transforme en una discusión sobre formalidades es urgente transformar hoy las escuelas de ingeniería para que sobre bases más sólidas en lo que hace a contenidos curriculares, metodologías de trabajo, composición de sus claustros docente y estudiantil, etc., pueda darse en el futuro la discusión arriba enunciada. También debe tenerse en cuenta que para los eventuales egresados con un nivel de *Bachelor* la formación interna que ofrecen las empresas argentinas a los ingenieros que trabajan en ellas es mucho menor que la que se ofrece en empresas que operan en Europa o Estados Unidos.



Transformación necesaria de la currícula y de la metodología de enseñanza

Resulta claro que hay aspectos que deben ser preservados de los actuales planes de estudio, otros que deben ser cambiados y otros que deben ser agregados. La transformación de planes de estudio es una tarea de suma importancia y responsabilidad y deberá ser acometida con la participación de referentes internacionales que acrediten experiencia en el tema. Los profesores argentinos que hoy se desempeñan en las principales universidades del mundo debieran constituir un aporte importante al proceso de transformación.

La modificación curricular deberá priorizar, por sobre la incorporación de información en tecnologías existentes, la formación en ciencias básicas y ciencias de la ingeniería necesarias para resolver problemas tecnológicos nuevos.

La metodología de enseñanza deberá garantizar que el aprendizaje efectivamente se desarrolle y que no se limite a la repetición de lo leído o escuchado; es decir que se priorice el desarrollo de la capacidad de usar lo aprendido para resolver problemas tecnológicos innovativos.

Como una herramienta para el logro de este fin proponemos que se establezca la realización de tesis de grado de fin de carrera que sirvan de introducción al proceso de investigación. Estas tesis de fin de carrera deberán desarrollarse en ámbitos de investigación científica (laboratorios de universidades nacionales e institutos del CONICET) o de desarrollo tecnológico innovativo (INVAP, YTEC, VENG, etc.).

La investigación y el doctorado

Es necesario evolucionar hacia escuelas de ingeniería con profesores investigadores *full-time* como hoy son prácticamente todas las escuelas de ingeniería a nivel internacional.

El doctorado es el lugar de formación de los futuros docentes e investigadores y debe estimularse fuertemente en nuestras escuelas de ingeniería.

La Argentina, en comparación con Brasil, posee un sistema centrado en el grado, con mayoría de profesores de dedicación parcial, en tanto que Brasil posee un sistema, sobre todo el estatal, con una mayoría de profesores de dedicación exclusiva y con un gran desarrollo del posgrado y la investigación: en Brasil aproximadamente el 90 por ciento de la investigación se realiza en los posgrados universitarios. Una referencia importante de investigación científica aplicada y de desarrollo de doctorados en ingeniería es la COPPE en la Universidad Federal de Río de Janeiro (<http://www.coppe.ufrj.br/>).

Los cargos de docentes auxiliares debieran ser cargos tempo-

rarios para docentes-investigadores en formación, por ejemplo doctorandos o posdoctorandos. Los cargos de ayudantes alumnos debieran reservarse para alumnos tesistas de grado con dedicación *full-time* a la escuela.

Todos los grupos de investigación debieran incorporar doctorandos y estudiantes que se encuentren desarrollando sus tesis de grado.

Los estudiantes de Ingeniería

Es indispensable evolucionar hacia escuelas de ingeniería socialmente inclusivas de estudiantes *full-time*. Estos dos requerimientos no deben considerarse en absoluto como excluyentes. Hoy el gobierno nacional está apoyando fuertemente la formación de nuevos ingenieros, lo que constituye una necesidad imperiosa. Las becas deberían ser asignadas prioritariamente a estudiantes que las necesiten para poder dedicarse *full-time* al estudio. Se debe motivar entre los estudiantes la responsabilidad social de no reclamar becas para estudiar *full-time* si su situación socioeconómica o la de sus familias hacen que no las requieran. Es necesario desterrar el mito sobre las ventajas de estudiar Ingeniería trabajando; de esta forma las carreras de los futuros ingenieros ganarán en intensidad y se disminuirá su duración efectiva, hoy excesiva.

Los posgrados y las maestrías

Los cursos de especialización debieran desarrollarse sobre temáticas profesionales específicas y debieran estar pensados para ingenieros que desarrollan una actividad laboral, siendo gratuitos solamente para docentes universitarios e ingenieros que trabajen en pymes o que no tengan empleador. Siendo Ingeniería una carrera "larga" en comparación con el *Bachelor* estadounidense o europeo, las maestrías no llenan una necesidad y muchas veces han sido pensadas para vaciar de contenido a las carreras de Ingeniería. No es aceptable una carrera de Ingeniería "alivianada" seguida de una maestría arancelada. Este planteo no sólo avanza peligrosamente hacia el arancelamiento de la universidad pública sino que además, en la práctica, resulta incoherente, pues las carreras de Ingeniería son vaciadas de contenido sin acortar mayormente su duración.

Rutas alternativas

Es de esperar que un importante número de estudiantes de Ingeniería prefiera una formación más estándar que la arriba discutida, que los habilite más rápidamente para ocupar los puestos de trabajo actualmente existentes.

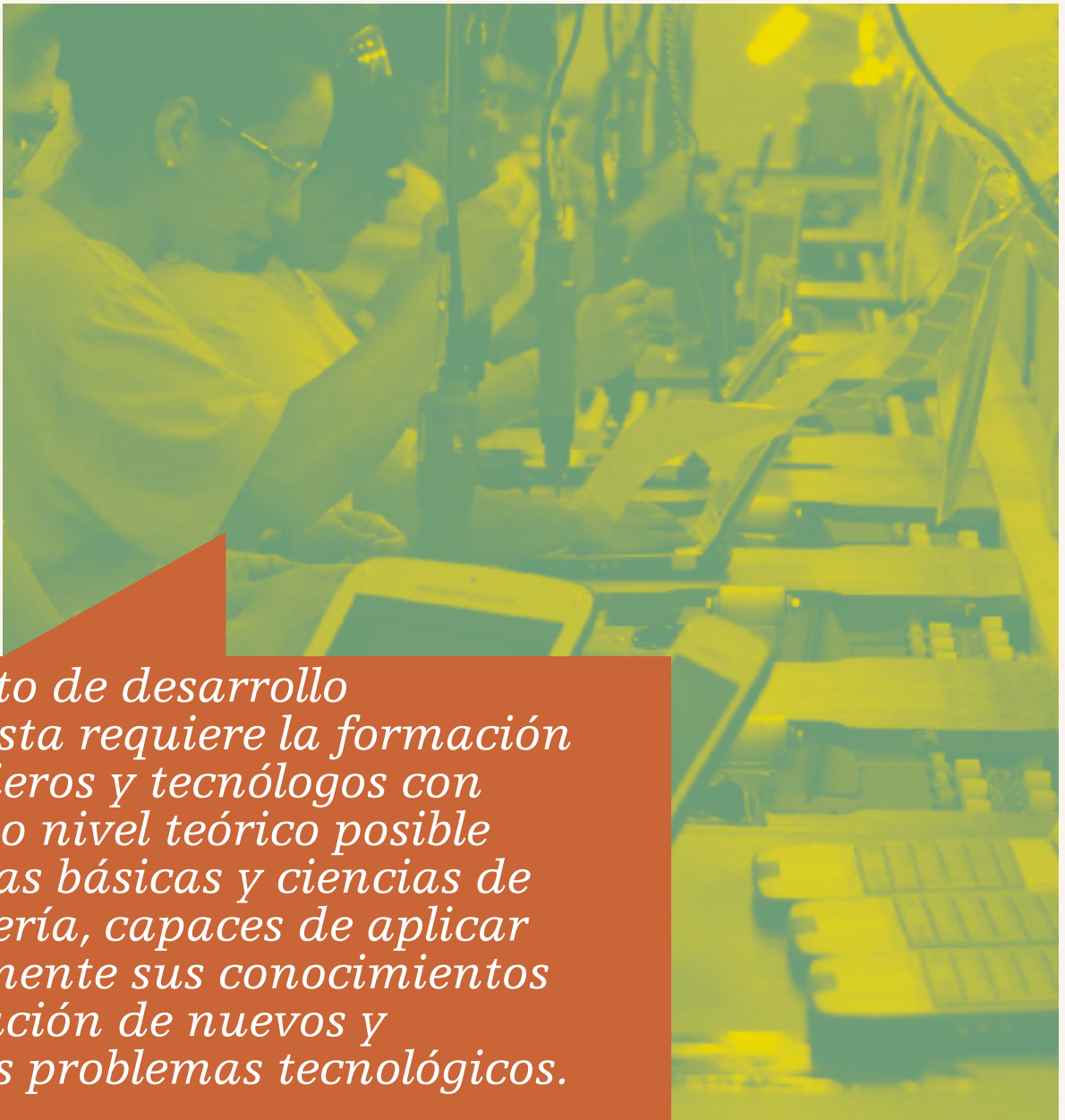
Esta necesidad requiere ser contemplada creativamente.

Una propuesta a ser desarrollada podría ser la de crear licen-

ciaturas en Ingeniería, con una duración de cuatro años reales. Estas licenciaturas no pueden ser salidas intermedias de la carrera "larga" sino que deben estar especialmente diseñadas, pues las salidas intermedias mantendrían la formación básica necesaria para los ingenieros-científicos y no llegarían a proporcionar la formación tecnológica que se localiza en la última etapa de la carrera y es donde las licenciaturas en Ingeniería debieran poner el acento.

Conclusiones

Así como la política de los gobiernos kirchneristas impulsa el cambio del perfil productivo de nuestro país, la política universitaria, en lo que hace a la formación de ingenieros y tecnólogos, deberá ajustarse a la política productiva y proporcionarle al país, en cantidad y calidad, los necesarios ingenieros o científicos con vocación de tecnólogos.



El proyecto de desarrollo kirchnerista requiere la formación de ingenieros y tecnólogos con el máximo nivel teórico posible en ciencias básicas y ciencias de la ingeniería, capaces de aplicar creativamente sus conocimientos en la solución de nuevos y originales problemas tecnológicos.