

Sistema de Información de Redes Productivas
UN MAPA DE LA ECONOMÍA NACIONAL

Matías Battocchia Gonzalo Flores Kemec

29 de marzo de 2013

Introducción

El Gobierno Nacional dentro del marco del Plan Estratégico Industrial 2020 ha asumido el compromiso de promover la industria nacional¹.

Con el fin de aportar a este proceso, se presentan las bases de una herramienta original que modela a la industria como una red de redes de valor. Se espera que la misma permita:

- Un seguimiento integral de la dinámica productiva sectorial y regional.
- El diseño de propuestas y la evaluación de medidas y políticas públicas.
- La elaboración de diagnósticos para la toma de decisiones en materia de desarrollo económico.

El sistema de información propuesto, en esencia, consiste en representar la estructura de la industria nacional como un *grafo* —definido a continuación—, y en revestir esta representación con información de diversos tipos: económica, social, territorial y tecnológica².

El grafo de la red de cadenas de valor es utilizado por el sistema para **situar el análisis de datos en el contexto de la red**³.

Redes Productivas

Una definición formal de red

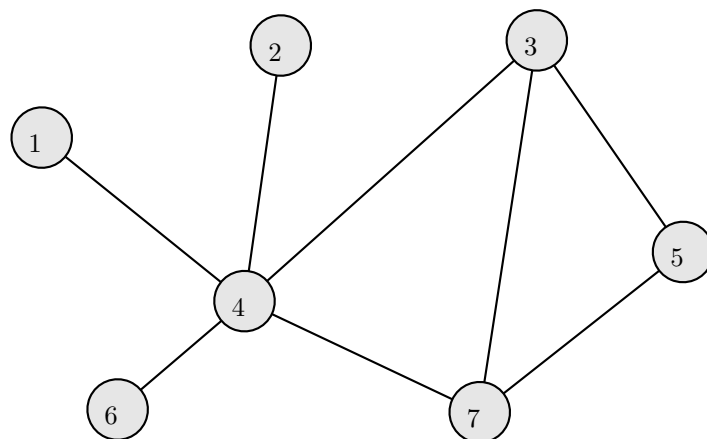


Figura 1: Un *grafo* conformado por 7 nodos y 8 relaciones.

Los *grafos* son objetos matemáticos que modelan conexiones entre elementos de un conjunto; están compuestos por *nodos* y *relaciones* (figura 1). Muchas estructuras naturales y hechas por el hombre pueden representarse mediante

¹Este párrafo debe ser mejorado.

²Esta es la primera de las dos ideas fundamentales detrás del sistema.

³Esta es la segunda idea: Conocer las relaciones subrepticias entre los datos por medio del grafo.

grafos⁴. Con la industria también es factible hacerlo: Los nodos bien pueden ser actividades industriales y las relaciones —*definidas a partir de parejas de nodos*—, pares de actividades inmediatamente conectadas (figura 2).

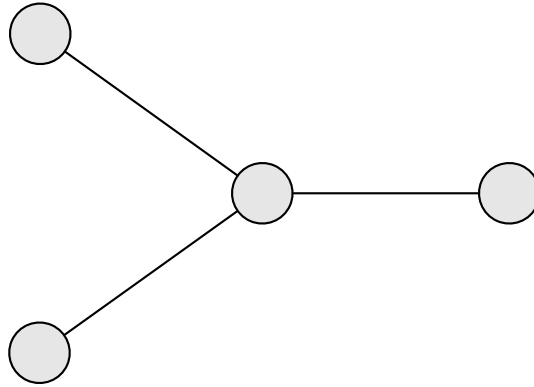


Figura 2: Actividades pertenecientes a la cadena de valor de ?? representadas en un grafo.

La Teoría de Grafos se ha encargado de estudiar en profundidad a estos objetos. Ha desarrollado un sinnúmero de medidas y procedimientos que ponen en evidencia características de los mismos. Mencionaremos ahora algunos de sus conceptos con el fin de ilustrar la teoría en relación al análisis del aparato productivo nacional.

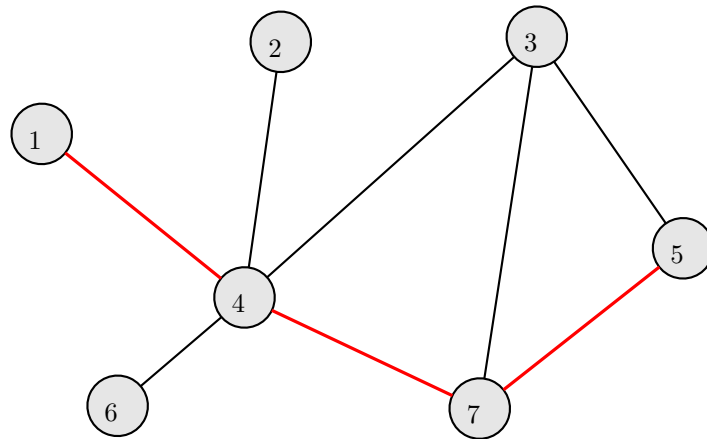


Figura 3: La *distancia* del nodo 1 al 5 es igual a 3. Nótese que están unidos por más de un camino y que se tuvo en cuenta el más breve de estos, $1 \rightarrow 4 \rightarrow 7 \rightarrow 5$.

Un grafo introduce una noción de *distancia*. Esta se mide en la cantidad de vínculos por los que hay que transitar para ir de un nodo a otro (figura 3). Es común que dos nodos estén conectados por varios posibles caminos; cuando hablamos de distancia nos estamos refiriendo al camino más directo. En el sistema

⁴Ejemplos no estarían de más.

la distancia indica la proximidad entre actividades industriales⁵.

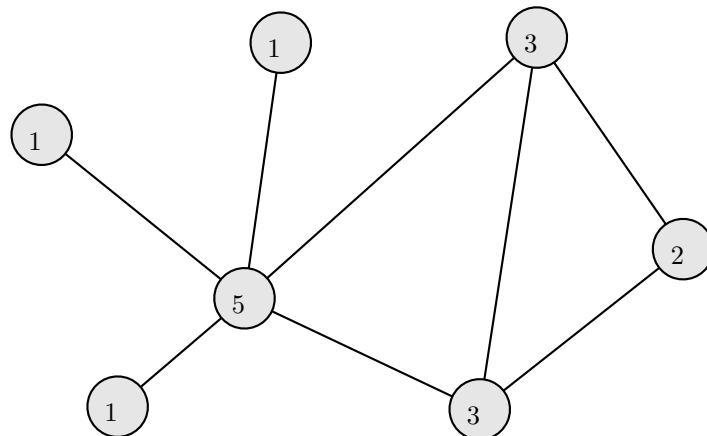


Figura 4: En este diagrama se acompañó al nombre de cada nodo con su *grado* (entre paréntesis). Por ejemplo el grado del nodo 4 es igual a 5.

Al número de *primeros vecinos* (nodos a distancia 1) que un nodo tiene se le llama *grado* (figura 4). Normalmente el grado varía de nodo a nodo. En determinadas redes se encuentran nodos que acaparan significativamente más conexiones que el promedio; a estos se los denomina *hubs*, anglicismo para concentrador o conector (figura 5).

En las redes sociales las personas “populares” cumplen el rol de hubs. Aparte de poseer un gran número de contactos (y debido a esto) suelen oficiar de puente entre distintas comunidades, mejorando la conectividad en la red⁶. El rasgo distintivo de una comunidad es ser un conjunto de personas que se conocen entre sí: nodos agrupados, mutuamente conectados. En el sistema lo más parecido a las comunidades serían las cadenas de valor. Las actividades industriales altamente conectadas que se comportan como nexo entre cadenas, de existir, serían hubs⁷.

Hacemos hincapié en los hubs porque son **la fortaleza y la debilidad** de las redes que se caracterizan por tenerlos. Como se dijo, hacen un aporte importante a la conectividad de la red; sin embargo el coste de esta ventaja es una red susceptible a fallos ante la anulación o al mal funcionamiento de sus hubs.

Expresar a la industria en el lenguaje de los grafos nos permitirá tomar conocimiento acerca de su topología o forma —particularmente identificar hubs en la misma— y de un gran número de sus propiedades. Las acciones que se deben tomar para impulsar su desarrollo, las prioridades de aplicación, dependen fuertemente de las características de la red⁸.

⁵Y la proximidad el grado de influencia.

⁶Los hubs son en parte responsables de los 6 *grados de separación*. Sin ellos el mundo no sería tan pequeño.

⁷Estamos suponiendo que la red industrial es del tipo *scale-free*, aunque probable, podría no ser cierto.

⁸Añadir acciones concretas que conviene realizar fundamentadas en este tipo de información.

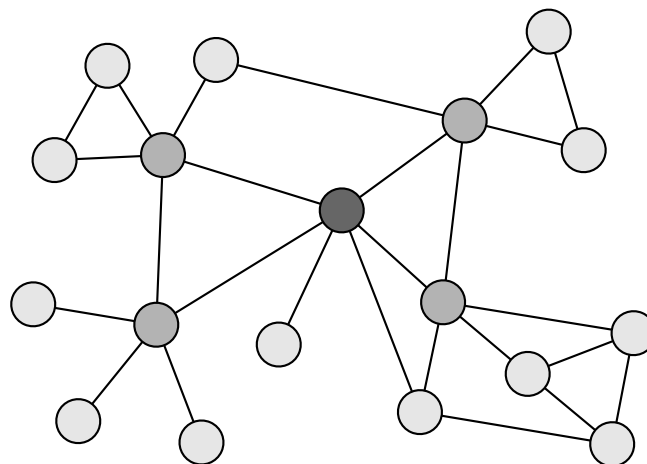


Figura 5: Nodos coloreados con tonalidades más oscuras según su grado. El nodo central se comporta como *concentrador*.

Más tipos de nodos

Es posible añadir otras clases de nodos a la representación de la industria para hacerla más realista. Hasta ahora hicimos referencia únicamente a actividades industriales con el fin de allanar la introducción. El sistema de información propuesto en su versión básica agrega a la red de actividades, productos, en una configuración que se conoce como *grafo bipartito*: las actividades se conectan exclusivamente con productos, y los productos con actividades, sin posibilidad de que nodos del mismo tipo se relacionen directamente (figura 6).

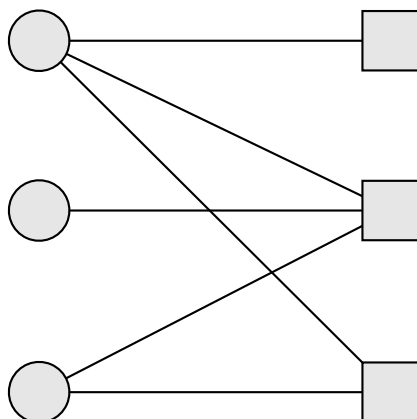


Figura 6: En un grafo *bipartito* nodos de una misma clase no se conectan entre sí. En el diagrama los círculos representan actividades y los cuadrados, productos.

El sistema dispone de una colección de **actividades** y otra de **productos**, creadas a partir de la CLASIFICACIÓN INTERNACIONAL INDUSTRIAL UNIFORME

(CIU⁹) y del SISTEMA ARMONIZADO (SA¹⁰) respectivamente. Un extracto de estas clasificaciones puede verse en la tabla 1. Sus elementos son las piezas interconectables con las que se construye el grafo de la industria (figura 7). Es una característica fundamental del sistema el implementar nomenclaturas utilizadas por organismos nacionales e internacionales para la identificación de los nodos; es lo que posteriormente permite incluir estadísticas con naturalidad, ya que estas se elaboran en base a las clasificaciones mencionadas.

Item		
Animal	Description	Price (\$)
Gnat	per gram	13.65
	each	0.01
Gnu	stuffed	92.50
Emu	stuffed	33.33
Armadillo	frozen	8.99

Cuadro 1: Extracto de las nomenclaturas adoptadas por el sistema.

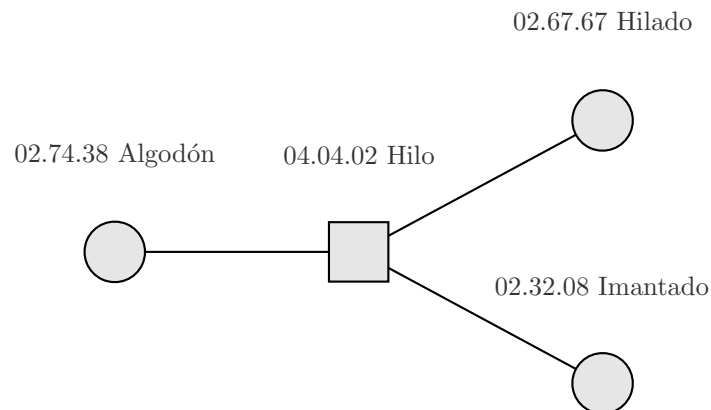


Figura 7: En el sistema cada nodo del grafo es asociado a un nomenclador que lo identifica. Si se trata de actividades (círculos) estos provienen del CIU, y si son productos (cuadrados), del SA.

Las actividades industriales se conectan con productos en **relación de aprovisionamiento**, discriminando si son insumos, o en **relación de producción**, si son manufacturas de la actividad. Este rompecabezas es armado sobre de informes sectoriales y regionales existentes, generados por organismos como el Ministerio de Economía y la AFIP, entre otros.

En el modelo considerado, las actividades son **procesos de transformación** y los productos **materia** capaz de ser transformada. A su vez las relaciones de aprovisionamiento y producción establecen direcciones preferenciales dentro de la red: la materia fluye por caminos que van agregándole valor en cada proceso.

⁹Nomenclatura en uso por la AFIP y la ONU para clasificar procesos productivos.

¹⁰Nomenclatura ampliamente difundida en el comercio internacional para clasificar manufacturas.

No habíamos recurrido a relaciones direccionadas en la sección anterior. Cuando un grafo las incorpora, se lo conoce como *grafo dirigido* (figura 8).

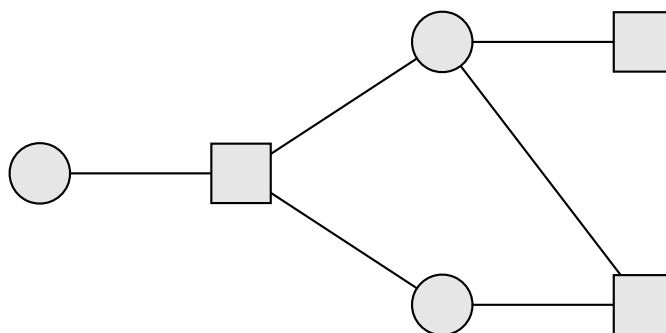
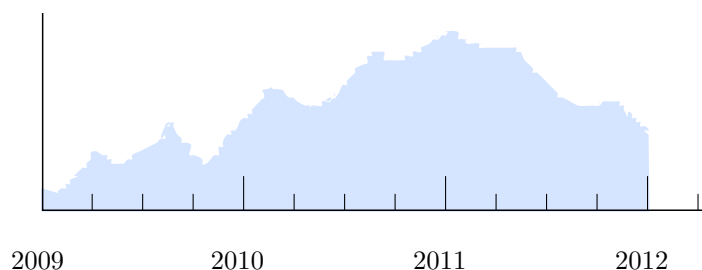


Figura 8: En un grafo *dirigido* las relaciones son direccionadas.

El significado de las estadísticas

La clase de estadísticas a las que el sistema recurre en mayor medida son *series temporales*: secuencias de datos en el tiempo, típicamente espaciados en intervalos temporales uniformes (figura 9). A la versión básica del sistema le resultan de particular interés la evolución temporal de dos tipos de indicadores: **cantidades** y **valores**; combinando estos se pueden calcular otros, como **precios unitarios**¹¹.



02.74.38 Algodón Producción

Figura 9: Ejemplo de *serie temporal*.

Decimos que el grafo de la industria se comporta como un sustrato para las estadísticas. Por un lado, los nodos de la red están identificados por nomencladores, por otro, las estadísticas sobre productos y actividades se elaboran en base a los mismos nomencladores; el sistema entonces adquiere estadísticas y, según los nomencladores, las almacena adjuntándoselas a los nodos (figura 10). Esta práctica da lugar a una semántica: hace que las series de **cantidades** aplicadas a **nodos** signifiquen el **stock** de los productos o el **nivel de actividad** de los procesos, dependiendo del tipo de nodo. Asimismo es posible asociar series a las

¹¹Quizás sea bueno incluir un ejemplo concreto de serie temporal útil.

relaciones entre nodos; en este caso denotan la **producción** o el **consumo** de materia que circula por la red, dependiendo del tipo de relación. Usualmente donde hay un flujo de materia habrá un contra-flujo monetario, descrito por series temporales de **valores**.

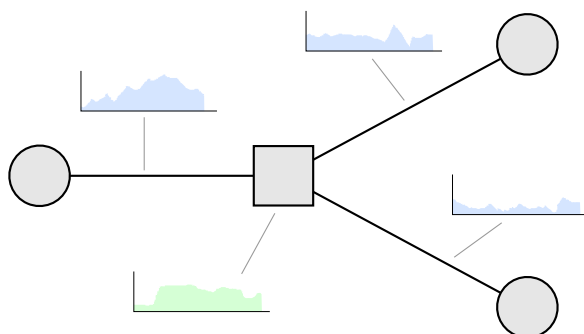


Figura 10: Grafo de la figura 7 con series temporales asociadas; una de estas es la de la figura 9.

Anteriormente dijimos que el grafo introduce una noción de distancia entre nodos. Acabamos de mencionar que podemos asociar series temporales a los nodos. Por lo tanto el grafo para establece una noción de distancia entre series temporales. Aquí yace el potencial de la herramienta: no es lo mismo analizar estadísticas “sueltas” que asentadas en una estructura. El grafo incorpora información de la realidad en el sistema, es un mapa en el que se lee cuáles productos y actividades se afectan directamente (primeros vecinos), cuáles indirectamente a través de un intermediario (segundos vecinos), así profundizando hasta donde se lo desee.

Las series temporales pueden estudiarse con técnicas provenientes del Análisis de Series Temporales para extraer información significativa. Una de las principales medidas realizables es la *dependencia estadística*¹² entre series temporales, llamada *correlación cruzada*. Puede evaluarse por ejemplo en qué grado el aumento o la disminución de la producción de cierto producto influye sobre la de otro y con cuánto retardo temporal.

Lo que el sistema efectúa son correlaciones cruzadas *pesadas* por medio del grafo, es decir que asigna una importancia o un peso a las dependencias estadísticas en función de la distancia de las series¹³.

La herramienta puede ser utilizada con fines retrospectivos y prospectivos. Los primeros engloban técnicas de Análisis de Regresión para determinar la calidad de ajuste de modelos teóricos a los datos experimentales y así validar o rechazar teorías. Los segundos recurren a técnicas de Pronóstico de Series Temporales para predecir estados futuros de la industria; también corre simulaciones bajo situaciones hipotéticas para explorar medidas a implementar.

¹²La dependencia estadística no es condición suficiente para asegurar la dependencia causal entre dos fenómenos.

¹³En este caso el grafo aporta la condición suficiente para interpretar a los resultados estadísticos como dependencias causales.

Aún más posibilidades

Es posible continuar enriqueciendo el modelo adicionando nuevas clases de nodos. Cuatro muy informativas son territorios, labores, mercados y tecnologías¹⁴. La primera permite procesar datos geográficos para complementar el semblante **sectorial** con el **regional**. La segunda agrega una capa de **recursos humanos** al mapa, ya que las actividades industriales también los toman como insumos. Mercados tenemos externos e internos, son orígenes y destinos de productos, y una abstracción del comercio: se tratan de partes de la red desconocidas en detalle. Por último, nodos que describen tecnologías existentes, cuyas relaciones con las actividades representan el respectivo grado de transferencia tecnológica¹⁵.

Está dentro de las posibilidades del sistema distinguir subcategorías de productos tales como bienes de capital, insumos, energía y servicios.

El grafo es capaz de asimilar tipos de información de los más diversos. Antes de emprender la construcción de un modelo más complejo, la versión básica debe madurar. Vale mencionar que el sistema no recurre a datos que el Estado no recabe a través de la AFIP o el INDEC en la actualidad, o tenga la potestad de conseguirlos si se lo propone; en todo caso los obstáculos se hallan en la articulación entre sus propios organismos.

La dinámica de la red

Hay un tipo de análisis dentro del campo de la Teoría de Grafos que estudia los cambios estructurales de las redes en el tiempo. Las estructuras reales están vivas: los nodos surgen y desaparecen; aún más, las conexiones entre ellos se encuentran en permanente alteración.

De la misma forma en la que una persona que conoce a muchas personas tiene mayores chances de hacerse de un contacto nuevo que quien conoce a muy pocas, una actividad o producto muy conectado tiene altas probabilidades de participar en nuevas relaciones en el futuro. Es el concepto de *conexión preferencial*. Desde el punto de vista de la planificación industrial, predicciones de esta índole estiman demandas en función de relaciones potenciales.

Por otro lado podría utilizarse al sistema para proyectar desarrollos de nuevos complejos productivos. Suponiendo que se quiera producir determinado producto íntegramente en el país y que para concretar tal objetivo sea menester establecer nuevos nodos y relaciones, se los detallaría sobre la red vigente para estudiar una forma ordenada de llevar el desarrollo adelante.

Los estratos de agregación

Hasta ahora se ha hablado en relación uno-a-uno entre nodos y nombres: de una red agregada, porque cada producto y cada actividad aparece una sola vez en el grafo. El sistema también puede ser dirigido hacia el otro extremo, bajando al nivel de los agentes económicos, si considera perfiles de empresas.

Es aceptable comenzar desarrollando el sistema para administrar información agregada, sobre todo porque se la encuentra con mayor facilidad. Sería ideal

¹⁴¿Qué onda el sector financiero?

¹⁵¿Exactamente cómo se implementaría esto?

que la información desagregada se vuelque en los perfiles de empresas y que sea el propio sistema quien la agregue.

Existen posibilidades de intentar una aproximación: que el sistema siga de cerca aunque sea a las grandes empresas del país, una cifra más asible que si se tratara del total de empresas; después de todo el *Principio de Pareto*¹⁶ nos indica que este grupo reducido de empresas controla la mayor porción del mercado. Eso alcanzaría para practicar algunas estimaciones.

La red desagregada se visualiza como una “red social” de empresas. Cada empresa agrupa actividades industriales (tal cual figuran en su inscripción en la AFIP). Nótese que en general las actividades ahora se repiten, debido a las empresas que se dedican a las mismas tareas. Las actividades producen y consumen productos. Dos empresas tendrán una relación si la actividad de una produce un producto que la actividad de la otra consume—una manera larga de decir que dos empresas tienen una relación comercial. Relaciones que consisten en un mismo tipo de producto hacen que estos se también se repitan.

Las facturas electrónicas serán un buen recurso para trazar la red comercial empresarial.

La agregación sucede cuando se integran los datos de las actividades y los productos de las empresas, discriminando por nomenclador. Este procedimiento genera la estructura de la red agregada, que emerge del comportamiento de los agentes. Si un mismo tipo de producto fue intercambiado entre empresas para ser usado en actividades diferentes, el grafo agregado lo reflejará conectando al producto con todas las actividades en las que este participó. Las magnitudes de las relaciones serán función de la frecuencia e intensidad de tales intercambios.

Las actividades de las empresas pueden asociarse a localidades geográficas. El plano desagregado le confiere especial interés a la información territorial, permitiendo analizar y optimizar la logística de cargas. Los distintos estratos de agregación se enfocan en provincias y regiones para trabajar sobre estrategias coyunturales. Permitiéndonos pensar en grande, el sistema de información serviría para planificar la integración productiva del MERCOSUR de ser usado por el resto de los países socios.

Un detalle no menor es que los agentes económicos pueden usar la red comercial para obtener información personalizada de su contexto productivo, buscar clientes y proveedores, administrar operaciones comerciales, recibir sugerencias de inversión. Esto redundaría en tomas de decisiones más informadas para los agentes.

Una base de datos pública y abierta

El sistema organiza y almacena una gran cantidad de datos para su funcionamiento. Tanto los datos crudos como los procesados **considerados públicos** pueden ser consultados y/o descargados para su uso general por medio de la *interfaz web* del sistema, mientras que al mismo tiempo están disponibles a través de un *servicio web* para ser accedidos por otros sistemas informáticos cómodamente.

En general el acceso a datos es restringido en la actualidad, principalmente porque no se encuentran compartidos o no lo están en un formato apto para máquinas: informes en PDF, DOC, XLS, fáciles de comprender para el humano

¹⁶Se enuncia aproximadamente: El 20 % de los agentes generan el 80 % de la riqueza.

pero costosos para la computadora. Creemos que el sistema puede ser un aporte sin precedentes en el campo de los datos abiertos; habilitaría a terceros —sobre todo a la academia— a aprovecharlo para contrastar modelos económicos, crear indicadores, probar nuevas ideas, realizar contribuciones, etcétera.

Conclusiones

La conjunción de la Teoría de Grafos y el Análisis de Series Temporales aplicada al diseño de políticas de desarrollo industrial promete superar con creces a los análisis económicos convencionales.

La herramienta propuesta modela la industria para generar información sistematizada relevante para la planificación económica, el desarrollo provincial y regional, el desarrollo sectorial, la integración productiva, la inserción comercial en mercados externos, la substitución de importaciones, la logística de cargas.

La herramienta automatiza diagnósticos que indican y *priorizan* políticas económicas para fortalecer la industria, e informa sobre sus resultados.

Será necesario una integración transversal de los sistemas de información de los diversos organismos del Estado para producir políticas públicas de segunda generación.