

Un modelo para integrar el programa de estudios de ingeniería con el estudio de la problemática del medio ambiente: caso ingeniería mecánica

A model to integrate the program of engineering studies and the problem of the environment: mechanical engineering case

F. F. Espinosa

Universidad de Talca. 2 Norte 685. Casilla 721. Talca. Chile

fespinos@pehuenche.otalca.cl

Resumen

El presente trabajo propone una alternativa mediante la cual se espera facilitar a los alumnos la capacidad de establecer relaciones entre los fenómenos reales y las disciplinas que ya han cursado en su curriculum, para luego relacionarlos entre sí y sustentar esta relación o analogía con el fenómeno que se intenta representar, que en este caso es la generación de contaminantes en los procesos de manufactura.

Palabras claves: Contaminación, analogía, educación en ingeniería

Abstract

The present paper proposes an alternative for to facilitate at the students the capacity to establish relationships among the real phenomenons and the disciplines that have studied already in its curriculum, and then to relate them to each other and to sustain this relationship or analogy with the phenomenon that is tried to represent, that in this case is the generation of pollutants in the factory processes.

Key words: Contamination, analogy, engineering education

1 Introducción

Una de las características más deseadas actualmente en un ingeniero es su capacidad de establecer relaciones entre un fenómeno real y un determinado modelo que intente representarlo y que le permita predecir el comportamiento del fenómeno ante diferentes escenarios o situaciones factibles de suceder.

La razón de esto se basa en el hecho que las herramientas más utilizadas por los ingenieros son los modelos, por lo general matemáticos, lo que implica que los profesionales deben poseer en un alto grado la capacidad de distinguir los elementos relevantes del fenómeno mismo y como se reproducen éstos en el modelo, así como también las relaciones existentes entre las distintas variables que lo describen.

El campo del estudio formado por los fenómenos medioambientales que tienen relación con los procesos de manufactura, campo laboral principal donde se desenvuelve el Ingeniero Mecánico, debe ser atendido ahora, sin tardanzas, por las implicancias que trae sobre nuestro entorno el mal

uso de las materia primas y energía que se toma del medio ambiente.

El modelo que se plantea en este trabajo presenta una forma de generar interrelaciones entre un proceso de manufactura con emisión de contaminantes y todo el curriculum de estudios que adquiere un Ingeniero Mecánico a lo largo de su carrera, y así aplicarlo teniendo en vistas la eficiencia medioambiental. En la práctica corresponde a un proceso de transformación de masa (materia prima en producto manufacturado) mediante la adición de diversas formas de energía, lo que genera necesariamente un cierto grado de contaminación.

La base de sustentación del modelo propuesto son principios termodinámicos, el análisis de sistemas y los modelos de simulación.

2 Marco de referencia

En términos generales, debe tenerse en cuenta que el proceso básico de pensamiento aplicado en ingeniería, consiste en traspasar la percepción de la realidad física a un co-

nocimiento abstracto del fenómeno que se desea estudiar. Esto implica construir una estructura conceptual de éste, que eventualmente se transformará en un modelo mental y por ende restrictivo, el que entregará posteriormente una predicción del comportamiento del fenómeno, el que debe ser traducido a la realidad. Se valida a fin de poder determinar la confiabilidad de los resultados del modelo, por un lado, y de la interpretación de los resultados por otro. (ver figura 1).

Esta representación a nivel macro de conceptualización, para su elaboración final, requiere de un conjunto mayor de pasos, pero lo más importante está en el hecho de adquirir la habilidad de ir y volver entre lo real y lo conceptual.

Estos pasos se refieren a todo lo que conlleva el conocer las ciencias básicas detrás de cada modelo, capturar experiencias anteriores, discernir entre las variables relevantes y sus relaciones, interpretación de resultados que entrega el modelo, validar los alcances del modelo y hacer el nexo con la realidad. En resumen, conectar la percepción que se tiene de la realidad física con la conceptualización que se tiene de ésta.

3 Modelo energético generatriz

El grado de contaminación de un medio ambiente puede evaluarse a través de la presencia de concentraciones anormales ya sea por exceso o defecto de diversas sustancias químicas y/o microorganismos (formas de vida) y/o diversas manifestaciones de energía que generan alteraciones indeseadas a los ecosistemas (Fiksel J. 1997).

Por lo general, estas alteraciones son producto de las

diversas actividades económicas y en particular las de transformación de recursos naturales en bienes de consumo, función que realiza la actividad industrial, cuyo mecanismo de acción es adicionar energía a la materia prima para transformarla en un producto o bien de consumo.

Si se considera que la industria tiene por objeto la transformación de las materias primas en bienes manufacturados mediante el agregado de energía en diversas formas, la que también es tomada desde el medioambiente y por ende pasa a ser una forma de materia prima, permite generar un modelo que cuantifica la eficiencia medioambiental de una determinada industria.

Se puede plantear en forma similar al análisis de la Segunda Ley de la Termodinámica (Moran M., Shapiro H. 1999), en la forma de Kelvin-Planck, un modelo de eficiencia medioambiental, en términos de masa y energía (ya sea tanto como energía pura como asociada a la masa), consumida por la industria y transformada por esta en bienes y residuos no utilizables (contaminantes), al cual se le denominará Modelo Energético Generatriz (ver figura 2).

El modelo generatriz se plantea a partir de la analogía entre la degradación que sufre la energía en cualquier transformación de esta y la degradación que sufre el medio ambiente por efecto de las actividades industriales, en cualquiera de sus etapas, esto es en la extracción de los recursos naturales, en la actividad de transformación y en los vertidos de residuos másicos y energéticos.

De todo lo anterior se desprende que el medio ambiente se encuentra en un proceso de continua degradación, al igual que las transformaciones energéticas, y por ende se generaría un incremento de la entropía, la que se puede asociar al incremento de la contaminación ambiental.

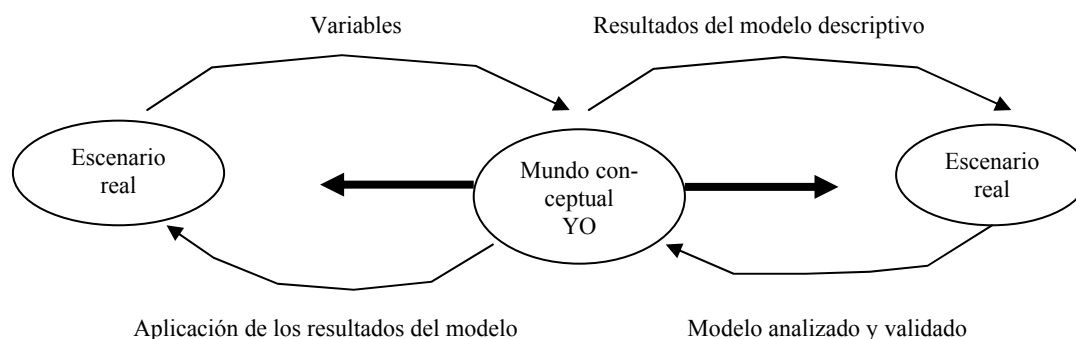


Fig. 1. Proceso de generación y validación de un modelo.

De este modo, se tiene a partir de la Segunda Ley la definición de rendimiento térmico como:

$$\eta_{\text{térmico}} = \frac{Q_H - Q_L}{Q_H} = \left| \frac{W_N}{Q_H} \right| \quad (1)$$

Por su analogía, el rendimiento medioambiental que-

daría como sigue (ver fig. 2):

$$\eta_{\text{medioambiental}} = \frac{E - R}{E} = \frac{B}{E} \quad (2)$$

El rendimiento se puede imaginar en su forma más sencilla: es la producción dividida por el consumo. La producción (energía producida) de un ciclo de potencia es el

trabajo neto; el consumo (energía consumida) es el calor añadido a la sustancia de trabajo desde una fuente externa de calor.

Para esta analogía el trabajo neto es el bien final y la diferencia, medida en términos de energía y masa, entre el bien manufacturado y los recursos de entrada es lo que se envía al medio ambiente en forma de contaminación.

Dadas las dificultades que presenta el cuantificar en conjunto la masa y la energía, se debe inicialmente considerar la existencia de dos formas de rendimiento medioambiental, la primera respecto a la masa, la que es constante y la segunda respecto de la energía la que debe considerar además las exergías de las transformaciones.

Para la elaboración del modelo de estudio se considera que la demanda del bien es una variable exógena, sobre la cual no hay poder de decisión, y que las restantes si pueden

ser optimizadas mediante decisiones y acciones de los administradores del sistema industrial. Por tanto donde el análisis que puede realizar el estudiante de ingeniería se concentra en determinar las relaciones de las variables industriales y el estado de estas cuando son sometidas a cambios.

4 Modelo dinámico

El modelo generatriz identifica las entradas y salidas del sistema de manufactura y es en el modelo dinámico donde ya se comienza a especificar en detalle las relaciones de cada una de las variables que se manejan en el sistema de manufactura. El modelo dinámico se puede plantear a distintos niveles de desagregación dependiendo del tipo de variables que lo integren y/o resultados que se deseen obtener.

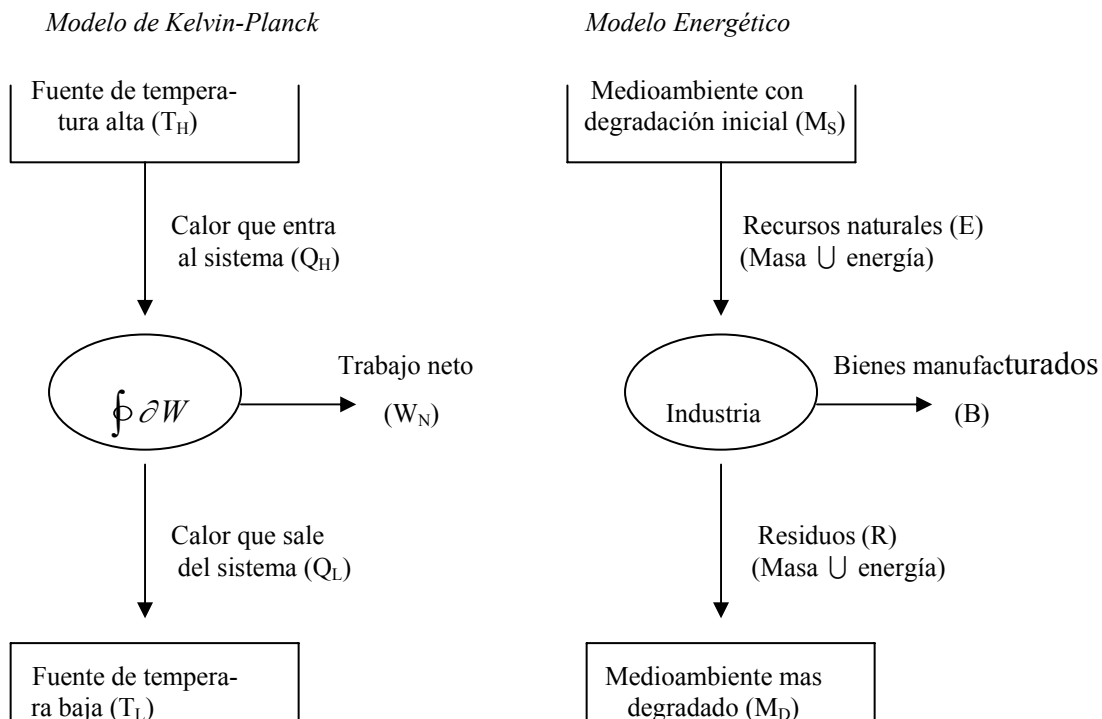


Fig. 2. Modelo energético generatriz.

Para el caso de este trabajo, el modelo dinámico se expondrá sólo a primer nivel (ver figura 3) ya que el objetivo es mostrar como se puede generar un modelo de estudio, un lenguaje de tipo simbólico, una definición de los conocimientos previos adquiridos que se pueden utilizar y un conjunto de índices para evaluación para distintos escenarios alternativos en el manejo de emisión de contaminantes industriales.

En la primera etapa se diseña el mapa del sistema (diagrama de causa y efecto) con el propósito de

identificar las relaciones de los componentes del sistema y usarlas para explorar y analizar dicho sistema.

La segunda etapa tiene por propósito definir la forma como será recopilado, evaluado, manejado y entregado todo el conjunto de datos, antecedentes e información elaborada. Aquí se termina de dar la estructura al sistema, o sea la manera como el proceso y la información se relacionan hacia delante, para entregar resultados y, hacia atrás para medir desviaciones.

5 Estructura del modelo

Este método está basado en la premisa que el sistema está compuesto de dos estructuras básicas: estructura del proceso y estructura de la información. Además hay flujos de recursos y flujos de información respectivamente (Wolstenholme E. 1994). Para crear la estructura del sistema es necesario conocer cual es el proceso fundamental del sistema que convierte los recursos entre los distintos estados. La palabra recurso se refiere tanto a materiales, personas, dinero, órdenes, bienes, conocimientos, etc. El estado de un recurso puede ser definido como la acumulación de recurso el

cual es relevante para el interés del análisis o para el propósito del modelo.

La estructura del proceso del sistema de manufacturación, la cual es representada por el flujo de recursos se realiza a partir de estados y tasas de variación e influencia de estos. Esta forma de expresión tiene la particularidad que puede simular el comportamiento interactivo de cada estado (encerrado en los rectángulos) a través de la polaridad de la influencia de la variación de cada tasa. Por consecuencia el análisis para determinar donde introducir mejoras en el sistema se ve altamente simplificado por el uso de este método.

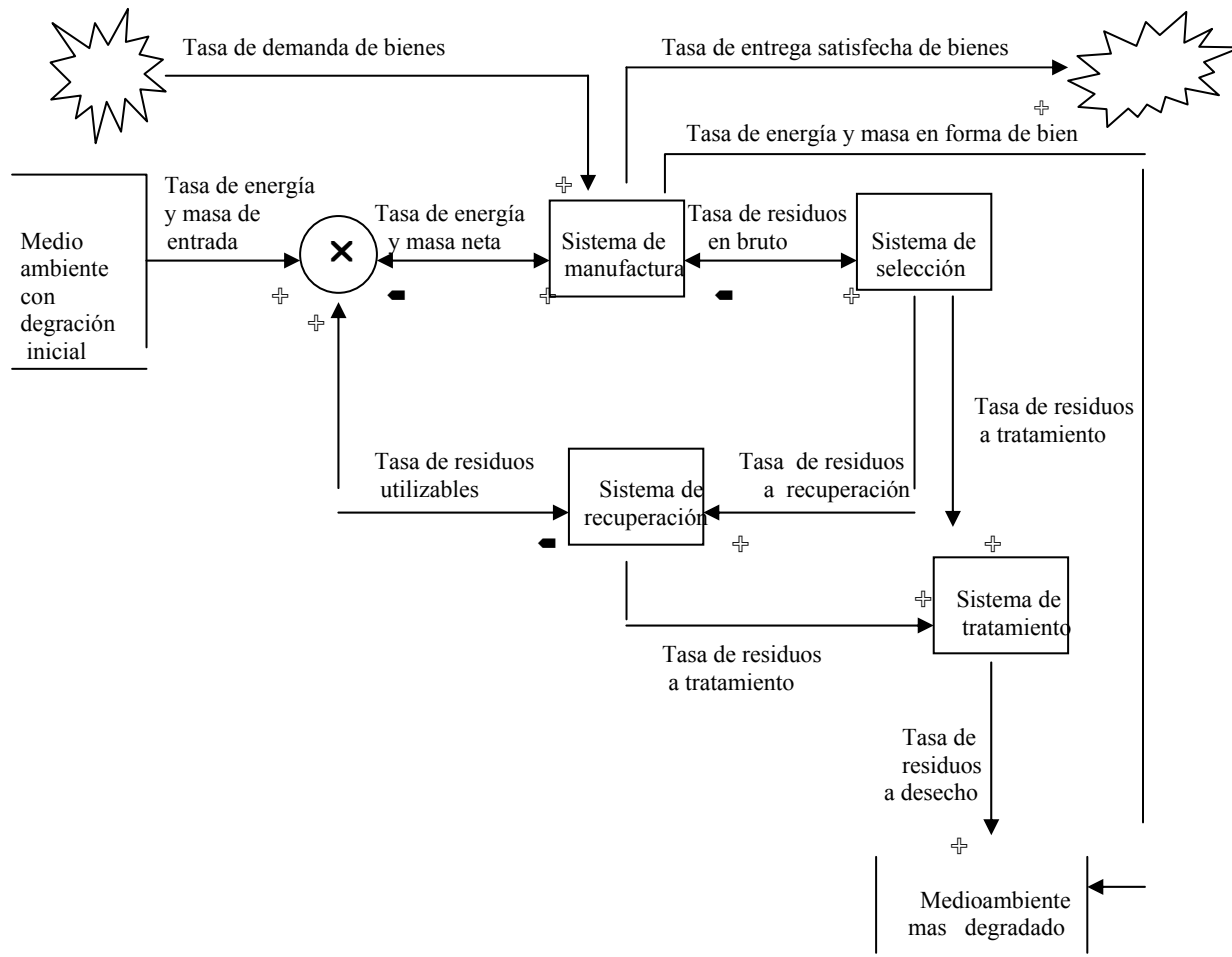


Fig. 3. Modelo dinámico para un proceso de manufacturación con recuperación de desechos.

Para confeccionar este diagrama hay que tener en cuenta la situación no deseada de cada estado en lo que respecta a la emisión de contaminantes o elementos perjudiciales para el medio ambiente, y en base a esto compatibilizar la definición de las tasas.

En el diagrama se puede analizar el conjunto de interrelaciones como sigue:

- Un aumento en la tasa de demanda por productos ma-

nufacturados, tiene una influencia positiva (aumento) sobre el sistema de manufactura provocando en él un aumento en la demanda de masa y energía. El total de requerimientos se obtendría de la suma de los insumos provenientes del medio ambiente más aquellos que se recuperan a partir de los residuos del proceso de manufactura.

- La tasa de residuos en bruto está en relación directa

con el ritmo del proceso de fabricación y esta tendrá una influencia positiva sobre el sistema de selección, exigiéndole a esta mayor eficiencia, a fin de evacuar a tiempo los residuos del sistema de manufactura. Un aumento en la tasa de residuos tiene una influencia negativa (disminución) sobre el ritmo de producción ya que entorpece el área de trabajo, detrima el medioambiente laboral y perjudica al equipamiento.

- Un aumento en la tasa de residuos a tratamiento y a recuperación, producto de un aumento en la tasa de consumo de energía y masa, tiene influencia positiva sobre el sistema de tratamiento y recuperación respectivamente, ya que les exige a estos procesar un mayor volumen de residuos antes de enviarlos al medioambiente o reutilizarlos.

En el diseño de los sistemas el primer componente manejado es la información seleccionada para el usuario, y el segundo es la estrategia para la cual va a usar dicha información. Por esta razón las variables temporales en los sistemas están usualmente referidas como políticas, estrategias o variables de decisión.

La idea principal en los modelos con ciclos cerrados es que el flujo de información una los niveles con las tasas a través de antecedentes pertinentes y que especifiquen como las tasas cambian en el futuro al cambiar las cantidades de recursos en los niveles.

Para minimizar el efecto de la emisión de contaminantes en los procesos de manufactura, las variables técnicas a considerar deben tener la factibilidad de ser optimizadas. Lo anterior requiere que el ingeniero conozca a cabalidad el principio de cada sistema definido al interior de la industria y haga uso adecuado de todo el bagaje de conocimientos que tiene con un fin definido, que es tender a la optimización del sistema en relación a la minimización del mal uso de la materia y la energía.

En la figura 4 se muestra en forma condensada el programa de estudios de un Ingeniero E. Mecánico de la Universidad de Talca, Chile, en cual se pueden apreciar una serie de disciplinas impartidas y que pueden ser usadas en situaciones relacionadas con el manejo del medioambiente que se da en la industria.

Algebra	Calculo	Química	Dibujo de Ingeniería CAD	Introducción a la Ingeniería
		Física		Tecnología Mecánica Proc. Fabric c/a Virutas Proc. Fabric s/a Virutas Proc. De Fabric. Computarizados
Economía	Termodinámica Básica Termodinámica Aplicada Transferencia de Calor Máquinas Térmicas	Electrotecnia Electromecánica	Mecánica General Resistencia de Materiales Diseño Organos de Máquinas	Administración de Empresas Planificación de la Producción
Estadística				
Prog. Y Comput.	Sistemas Hidráulic. y Neumáticos	Electivo de Especialidad	Mantenimiento Industrial Seguridad Industrial	
Mecánica de Fluidos Máquinas Hidráulicas				
Procesos de Descontaminación				

Fig. 4. Programa de estudios 1999 para el Ingeniero E. Mecánico. U. de Talca

La idea central de esta proposición es que a lo largo de su carrera, en cada materia de estudio se le haga presente como puede usarla a fin de optimizar el uso de la materia prima y de la energía, que de acuerdo al modelo energético es aquí donde se produce el proceso de contaminación.

El diagrama de la estructura, a primer nivel de información, que se muestra en la figura 5, permite definir aquellas áreas que son perfectibles dentro de todo el proceso industrial, identificandolas como procesos de optimización. Lo anterior indica que hay que definir un objetivo para cada estado, determinar las restricciones impuestas al proceso que se analiza, seleccionar el modelo de estudio, seleccionar la metodología de resolución, analizar y validar la aplicabilidad de los resultados, definir los pasos para la implementación y el sistema de información para análisis y control de las estrategias implementadas.

En la definición de los bucles de retroalimentación, hay que tener presente el efecto no deseado y en base a esto

plantear la acción que minimice dicho efecto (efecto negativo sobre otro negativo da como resultado uno positivo) (Wolstenholme E. 1994). Así, para cada tasa se puede, entre otras acciones, plantear las siguientes alternativas (ver figura 5):

- La optimización del diseño del bien que produce la industria provoca un efecto negativo sobre la tasa de energía y masa requerida, al racionalizar el uso de estos dos. Los puntos que pueden ser mejorados en el sistema de manufactura, entre otros, están selección de materiales, métodos y tiempo de fabricación, capacitación del personal, almacenamiento de productos, balances energéticos, líneas de distribución de energía etc.
- Las disciplinas del curriculum involucradas en esta optimización podrían ser (ver figura 4), Sistemas Hidráulicos, Diseño de Partes y Piezas, Planificación de la Producción, Procesos de Fabricación, etc.

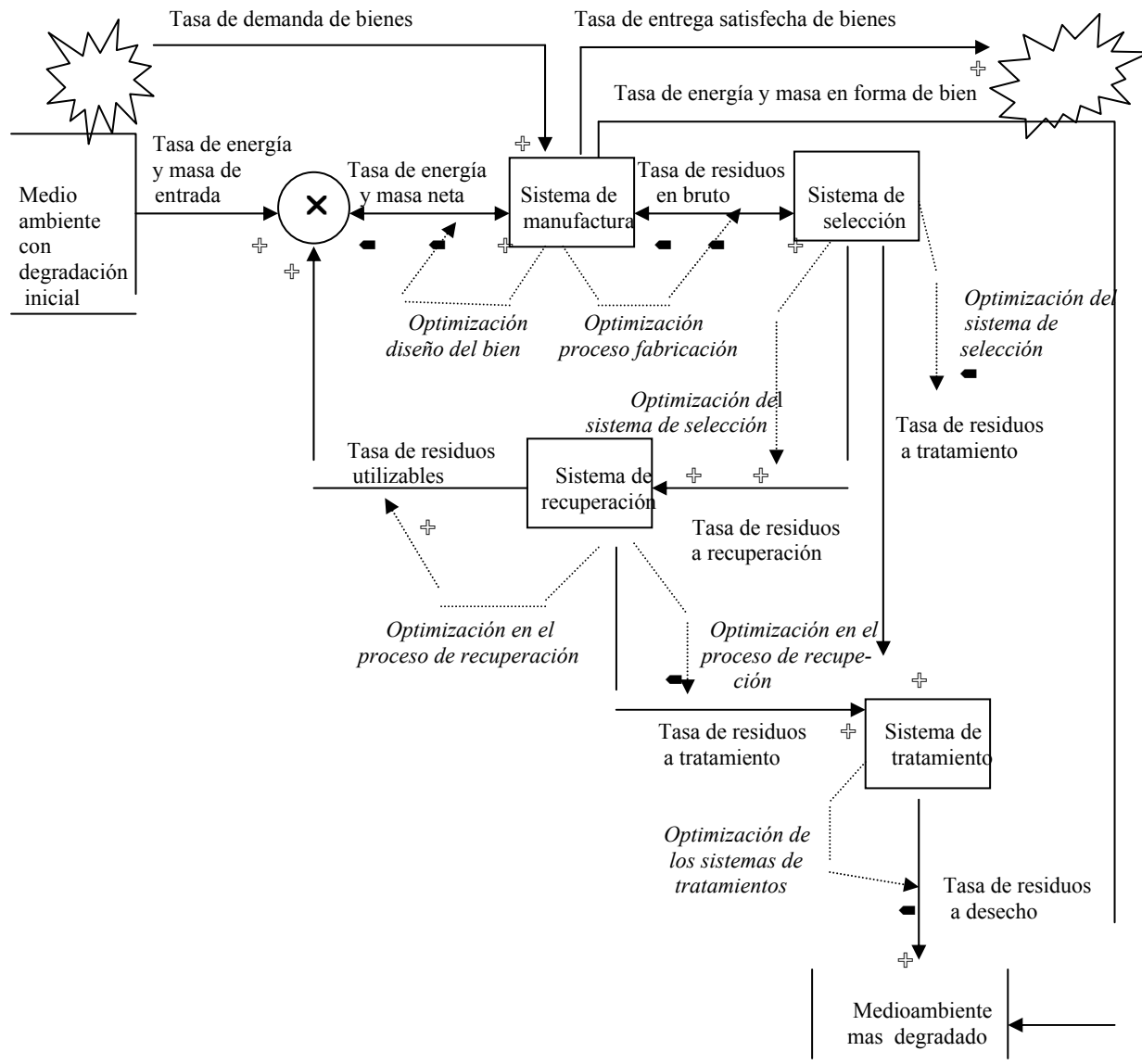


Fig. 5. Estructura de la información para un sistema de manufactura con emisión de contaminantes.

Las disciplinas del curriculum involucradas en esta optimización podrían ser (ver figura 4), Sistemas Hidráulicos, Diseño de Partes y Piezas, Planificación de la Producción, Procesos de Fabricación, etc.

- Para disminuir la tasa de residuos en bruto, la retroalimentación va vía optimización del proceso de fabricación lo que se puede traducir en control de pérdidas, mantenibilidad del equipamiento, confiabilidad de la línea de producción, equilibrio de las líneas, etc. Esto da como resultado una disminución de la tasa de energía y masa que llega al sistema de selección, redundando al final en la disminución de los residuos que irán al medioambiente. Esta parte de la optimización se puede hacer en base a los conocimientos obtenidos por el alumno en las cá-

tedras de Mantenimiento Industrial, Seguridad Industrial, Maquinaria de Potencia, Transferencia de Calor y Masa y Electivos como ser Simulación y Optimización, etc.

- De la misma forma para el resto de los procesos que tratan a los residuos, donde el mejoramiento cualitativo y cuantitativo de los equipos que los manejan provocan sobre las tasa de residuos los efectos destacados en la figura 5. Materias relacionadas serían Diseño Mecánico, Automatización, Procesos de Descontaminación, etc.

Cada uno de los parámetros que se nombraron pueden ser descritos matemáticamente, dando un modelo que puede ser simulado y entregar valores que permitirán apoyar el proceso de toma de decisiones en lo referente al manejo de emisiones de contaminantes.

7 Comentarios finales

Se ha detectado un creciente interés por parte de los alumnos de las escuelas de ingeniería del país por acceder a mayores niveles de conocimientos relativos a materias medioambientales, ya que aprecian que este tema adquiere cada vez mayor relevancia en el ámbito laboral de los futuros ingenieros.

De ahí la conveniencia de utilizar esta coyuntura para desarrollar en los alumnos la capacidad de aproximarse a los problemas, los que no necesariamente son medioambientales, mediante el establecimiento, descripción e interpretación de las conexiones necesarias que le permitan organizar conceptualizar y generar los conceptos básicos de los temas de ingeniería, lo que les permitirá finalmente practicar una ética personal y social en la resolución de problemas y conflictos.

Para esto es necesario que la persona que cumple el rol de instructor sea un maestro, en el real sentido de la palabra, ya que su influencia pasará a ser liberadora para el alumno o aprendiz, ya que le presenta diversos modos de pensar a la vez que lo invita a adoptar y/o desarrollar uno de ellos, el que intuitivamente mejor se adapte a las circunstancias en que tiene lugar el problema a analizar.

Bajo este concepto ya no es lo más importante el resolver el problema en sí mismo sino el análisis y la comprensión de las variables que intervienen en el problema de modo que la solución que se obtenga sólo pasa a ser el resultado natural de la capacidad de análisis empleado.

Dentro de las características propias de los problemas medioambientales destaca nitidamente la interdisciplina de la temática lo que da lugar a la imposibilidad física de que una sola persona posea la totalidad de los conocimientos sobre el tema. Esto permite, a la vez que lo obliga, que el instructor adopte de manera natural el rol de facilitador del aprendizaje, ya que en primer término facilita al alumno el acceso a la información indicándole donde puede encontrarla, para luego asistirlo en el procesamiento y análisis de la información que recabó, y, a partir de esta facilitarle la obtención de conclusiones, las que reflejaran el grado de comprensión adquirido de los procesos naturales a sí como de las causas y efectos que estos tienen.

Dentro de este concepto es necesario considerar la etapa de evaluación la que debe ser del tipo de dominio esto es que demuestre tener los conocimientos y habilidades mínimas del tema, desde los ámbitos social, ético, cognitivo y técnico, lo que se adquiere fundamentalmente en términos del tiempo que se dedique al estudio y la investigación.

Referencias

- Fiksel Joseph, 1997. Ingeniería de Diseño Medioambiental. DFE. Ed. *Mc Graw Hill*,.
- Wolstenholme Eric. 1994 System Enquiry A System Dynamics Approach, Ed. *Wiley*,
- Michael J. Moran, Howard N. Shapiro, 1999. Fundamentals of Engineering Thermodynamics. Ed. *John Wiley & Sons*.