\*\*Diseño de Ingeniería: Un Enfoque de Sistemas\*\*

Krishna B. Misra

RAMS Consultants, Jaipur, India

\*\*Resumen:\*\* El propósito de este capítulo no es tratar todos los aspectos del diseño de un sistema de ingeniería, sino discutir el proceso de diseño utilizando el enfoque de sistemas, que el departamento o sección de diseño de una empresa manufacturera, particularmente en los sectores de electrónica, aeroespacial, herramientas de máquina y los productores de bienes de consumo como automóviles, equipo de oficina y electrodomésticos, y en muchas otras áreas, pueden utilizar. Para un fabricante, la función de investigación ayuda a desarrollar nuevos productos o modificaciones útiles de un rango de productos existente, y la actividad de desarrollo, que es básicamente una función de ingeniería orientada a convertir el concepto de investigación en un producto viable, se conoce como una actividad de I+D y a veces puede asociarse con la ingeniería de diseño como una función de diseño y desarrollo de proyectos.

\*\*2.1 Introducción\*\*

El tema del diseño de sistemas ha sido tratado y discutido con gran detalle desde el amanecer de la era de los sistemas alrededor de 1940. El propósito de este capítulo es proporcionar un esquema más amplio de un enfoque científico para la planificación, diseño, desarrollo, fabricación y evaluación de sistemas de ingeniería. Su objetivo principal es lograr un sistema coherente total para alcanzar un objetivo específico sujeto a restricciones físicas, ambientales, tecnológicas y económicas. Cualquier otro enfoque puede resultar costoso e insostenible.

Históricamente, dos enfoques han sido útiles para comprender el mundo que nos rodea. El primero se llama reduccionismo y se basa en la suposición de que todo puede reducirse, descomponerse o desensamblarse en partes simples e indivisibles. El reduccionismo es básicamente un enfoque analítico y implica desensamblar lo que se va a explicar hasta llegar a partes independientes e indivisibles de las cuales está compuesto; y ofrece una explicación del todo agregando las explicaciones del comportamiento de estas partes indivisibles.

El otro enfoque es el mecanicismo, en el cual todos los fenómenos se explican mediante una relación de causa y efecto. Un evento o cosa se considera la causa de otro evento o cosa (llamado efecto) y una causa es suficiente para explicar su efecto y no se requiere nada más. Utiliza lo que se conoce como pensamiento de sistema cerrado, en el cual la búsqueda de causas es independiente del entorno y las leyes de los fenómenos se formulan en laboratorios para excluir los efectos ambientales. Fue la mecanización la que impulsó la revolución industrial, que en efecto ayudó a sustituir a los hombres por máquinas para reducir el trabajo físico. Sin embargo, con el declive de la era de las máquinas, surgió un concepto que marcó el amanecer de la era de los sistemas, que considera que todos los objetos y eventos, y todas sus experiencias, son partes de un todo más grande. Este concepto es mejor conocido como expansión y proporciona otra forma de ver las cosas a nuestro alrededor; una forma diferente del reduccionismo pero compatible con él. Sin embargo, esto no significa que no haya partes, sino que el enfoque está en el todo. Cambia el enfoque de los elementos finales a un todo con partes interrelacionadas a sistemas.

\*\*2.1.1 Pensamiento Analítico Versus Sintético\*\*

En el enfoque analítico asociado con el reduccionismo, una explicación del todo se derivaba de las explicaciones de sus partes, mientras que el enfoque de sistemas nos ha proporcionado un modo de pensamiento sintético y en este enfoque, uno se interesa más en unir las cosas que en descomponerlas analíticamente. De hecho, el pensamiento analítico puede considerarse como un enfoque de afuera hacia adentro, mientras que el pensamiento sintético es un enfoque de adentro hacia afuera.

El modo de pensamiento sintético [1], cuando se aplica a problemas físicos, se conoce como el enfoque de sistemas y se basa en el hecho de que incluso si cada parte de un sistema funciona lo mejor posible, el sistema en su conjunto puede no funcionar lo mejor posible. Esto se desprende de la observación de que la suma del funcionamiento de las partes a menudo no es igual al funcionamiento del todo. Por lo tanto, el modo sintético busca superar la predisposición a menudo observada de perfeccionar los detalles y ignorar los resultados del sistema.

Todos los artefactos manufacturados, incluidos productos, equipos y procesos, a menudo se denominan sistemas técnicos. Las actividades de ingeniería como el análisis y el diseño para sistemas manufacturados o técnicos no son un fin en sí mismos y pueden considerarse como medios para satisfacer las necesidades humanas. Por lo tanto, la ingeniería moderna tiene dos aspectos. Un aspecto se dirige a los materiales y fuerzas de la naturaleza, mientras que el otro se dirige a las necesidades de las personas. El logro exitoso de los objetivos de ingeniería requiere una combinación de especialidades y experticias técnicas. La ingeniería en el enfoque de sistemas necesariamente debe ser un trabajo en equipo, donde los individuos involucrados están conscientes de las relaciones entre las especialidades, las consideraciones económicas y los factores ecológicos, políticos y sociales. Hoy en día, las decisiones de ingeniería requieren una consideración seria de todos estos factores desde las primeras etapas de diseño y desarrollo, ya que estas decisiones tienen un impacto definido posteriormente. Por el contrario, estos factores suelen imponer restricciones en el proceso de diseño. Por lo tanto, los aspectos técnicos no solo incluyen el conocimiento básico de las especialidades de ingeniería relevantes, sino también el conocimiento del contexto del sistema que se está desarrollando.

\*\*2.2 El Concepto de un Sistema\*\*

La palabra "sistema" tiene un significado muy amplio. En términos generales, tenemos una amplia variedad de sistemas a nuestro alrededor. Algunos de ellos han sido creados por el ser humano para satisfacer sus necesidades, mientras que otros existen en la naturaleza. Los sistemas naturales son aquellos que surgieron a través de procesos naturales, mientras que los sistemas creados por el ser humano son aquellos en los que los humanos intervienen a través de componentes, atributos o relaciones. Ejemplos de sistemas creados por el ser humano son las carreteras, ferrocarriles, vías fluviales, transporte marítimo y aéreo, proyectos espaciales, plantas químicas, plantas nucleares, generación, distribución y utilización de energía eléctrica, complejos de viviendas y oficinas, minería y extracción de petróleo, etc. Incluso en el contexto de la nanotecnología [2], los nanosistemas son sistemas y los principios de la ingeniería de sistemas se aplican naturalmente a ellos. La mecánica sólida, la dinámica de sistemas, los mecanismos y la teoría del control son todos relevantes para la nanotecnología y todos habilitan tecnologías en el futuro. Por lo tanto, la palabra sistema puede referirse a cualquier cosa, desde sistemas simples, artificiales o compuestos, sistemas físicos hasta sistemas conceptuales, estáticos y dinámicos, o incluso sistemas organizacionales e informacionales. Sin embargo, los sistemas creados por el ser humano están invariablemente incrustados en la naturaleza [3], por lo tanto, existen interfaces entre los sistemas creados por el ser humano y los sistemas naturales, y los sistemas creados por el ser humano a su vez influyen en los sistemas naturales.

\*\*2.2.1 Definición de un Sistema\*\*

Un sistema puede definirse como una agregación de partes o elementos, conectados de alguna forma de interacción o interdependencia para formar un todo complejo o unitario. En otras palabras, un sistema es un conjunto de elementos o partes mutuamente relacionados ensamblados juntos en algún orden especificado para realizar una función intencionada. No solo tenemos sistemas que son ensamblajes de unidades duras, sino también sistemas abstractos como el sistema educativo, el sistema social, el sistema monetario, un esquema de procedimientos, etc. No todo conjunto de elementos, hechos, métodos o procedimientos es un sistema. Una colección aleatoria de elementos no puede llamarse sistema debido a la ausencia de propósito y relación funcional. A lo sumo, puede llamarse un conjunto de objetos pero no un sistema. Esta es una definición muy amplia y permite clasificar cualquier cosa, desde un sistema de energía hasta una lámpara incandescente, como un sistema, siempre y cuando el sistema tenga un objetivo o una función que realizar.

\*\*2.2.2 Clasificación de Sistemas\*\*

Para proporcionar una mejor comprensión de los sistemas con los que nos ocuparemos, no estaría fuera de lugar mencionar aquí la clasificación general de sistemas. Los sistemas físicos son aquellos que se manifiestan en alguna forma física, mientras que los sistemas conceptuales son aquellos en los que los atributos de los componentes se representan mediante símbolos, ideas, planes, conceptos y hipótesis. Un sistema físico ocupa un espacio físico, mientras que los sistemas conceptuales son organizaciones de ideas. Los sistemas conceptuales a menudo juegan un papel importante en las operaciones de los sistemas físicos en el mundo real. Un sistema estático tiene una estructura sin ninguna actividad, mientras que un sistema dinámico consta de una disposición estructural con alguna actividad. Muchos sistemas pueden no clasificarse en esta categoría amplia porque pueden carecer de la noción utilizada aquí. Por ejemplo, una carretera es un sistema estático, pero consta de componentes, atributos y relaciones de sistemas dinámicos.

Un sistema cerrado es aquel que no interactúa significativamente con su entorno y exhibe las características de equilibrio resultantes de la rigidez interna que mantiene el sistema a pesar de las influencias del entorno. En contraste, un sistema abierto permite que la información, la energía y la materia crucen sus fronteras. Los sistemas abiertos interactúan con su entorno. Exhiben características de estado estacionario, mientras que en la interacción dinámica de sistemas, los elementos se ajustan a los cambios en el entorno. Tanto los sistemas cerrados como los abiertos exhiben la propiedad de entropía, que se puede definir como el grado de desorganización en un sistema y se utiliza análogamente a la termodinámica. En realidad, la entropía es la energía no disponible para el trabajo cuando la transformación de energía se produce de una forma a otra.

En una amplia variedad de sistemas naturales o creados por el ser humano, las entradas, procesos y salidas se describen principalmente en términos estadísticos y existe incertidumbre tanto en el número de entradas como en su distribución en el tiempo. Por lo tanto, estas características se pueden describir mejor en términos de distribuciones de probabilidad y la operación del sistema se conoce como probabilística.

Muchos de los sistemas existentes hoy en día en los ámbitos de energía, transporte, información, comunicación por computadora, producción, etc., son todos artificiales o creados por el ser humano. Sin embargo, pueden influir o ser influenciados por sistemas naturales al mismo tiempo y también pueden ser compuestos.

En lo que respecta a esta guía, nos ocuparemos exclusivamente de sistemas de ingeniería. Sin embargo, los conceptos y análisis de sistemas presentados aquí pueden aplicarse a cualquier otra categoría de sistemas. El alcance de los sistemas de ingeniería es tan vasto que no es posible generalizar para manejar tales sistemas. Sin embargo, una característica específica de los sistemas de ingeniería, indudablemente y de manera sorprendente, es que todos son creados por el ser humano y tanto sus elementos como el sistema en su conjunto pueden llamarse productos.

No obstante, la presencia del ser humano en un sistema de ingeniería y su papel en su funcionamiento puede variar de sistema a sistema. En cualquier caso, el ser humano siempre se considerará un elemento del sistema. En segundo lugar, un sistema de ingeniería debe ser confiable y confiable, de lo contrario no podrá cumplir el propósito para el que fue diseñado.

\*\*2.3 Caracterización de un Sistema\*\*

La mayoría de los sistemas de ingeniería de hoy pertenecen a la categoría de sistemas complejos. Aunque tal distinción entre sistemas simples y complejos es totalmente arbitraria, el grado de complejidad de un sistema se relaciona con el número de elementos, sus dimensiones físicas, la multiplicidad de enlaces o conexiones de los elementos constituyentes dentro del sistema, funciones múltiples, etc. La complejidad de un sistema se puede definir mejor en función de la complejidad de su estructura y las funciones realizadas por el sistema.

\*\*2.3.1 Jerarquía del Sistema\*\*

Un sistema es un enfoque de arriba hacia abajo y tiene básicamente una estructura jerárquica. La estructura jerárquica de un sistema se compone de varios niveles de abstracción, que a su vez se subdividen en diferentes niveles de detalle. La jerarquía del sistema se puede describir en términos de partes, subconjuntos, subconjuntos de subconjuntos, etc. A medida que uno desciende en la jerarquía, la complejidad y el detalle aumentan. Por lo tanto, la descripción del sistema en términos de su jerarquía permite un análisis detallado y una mejor comprensión del sistema. La jerarquía también facilita la identificación de los elementos del sistema y sus interrelaciones.

\*\*2.3.2 Elementos del Sistema\*\*

Los elementos del sistema son las partes constituyentes del sistema. Estos elementos pueden ser físicos, como componentes mecánicos, electrónicos o químicos, o abstractos, como información, datos, conceptos, etc. Cada elemento del sistema tiene un papel específico que desempeñar y una función específica que realizar. La interacción entre estos elementos es fundamental para el funcionamiento del sistema. Los elementos del sistema pueden ser clasificados en varios tipos, como elementos de entrada, elementos de proceso, elementos de salida, elementos de control, elementos de retroalimentación, etc.

\*\*2.3.3 Interrelaciones del Sistema\*\*

Las interrelaciones entre los elementos del sistema son cruciales para entender cómo funciona el sistema en su conjunto. Estas interrelaciones pueden ser físicas, químicas, biológicas, de información, etc. La naturaleza de estas interrelaciones determina el comportamiento del sistema y su capacidad para alcanzar sus objetivos. La retroalimentación es una interrelación importante en sistemas de ingeniería, ya que permite que el sistema se ajuste y optimice en función de los cambios en el entorno y las condiciones operativas.

\*\*2.3.4 Funciones del Sistema\*\*

Las funciones del sistema son las tareas o procesos que el sistema realiza para cumplir su propósito. Estas funciones pueden ser simples o complejas, dependiendo de la naturaleza del sistema. Las funciones del sistema pueden clasificarse en varias categorías, como funciones de entrada, funciones de proceso, funciones de salida, funciones de control, funciones de retroalimentación, etc. La eficacia y eficiencia con las que el sistema realiza estas funciones determinan su rendimiento general.

\*\*2.3.5 Restricciones del Sistema\*\*

Las restricciones del sistema son los límites o limitaciones que afectan el diseño y el funcionamiento del sistema. Estas restricciones pueden ser físicas, económicas, tecnológicas, ambientales, legales, etc. El diseño y el desarrollo de un sistema de ingeniería deben tener en cuenta estas restricciones para garantizar que el sistema sea viable y sostenible. La identificación y gestión de las restricciones son aspectos críticos del proceso de diseño de sistemas.

\*\*2.3.6 Objetivos del Sistema\*\*

Los objetivos del sistema son los propósitos o metas que el sistema debe cumplir. Estos objetivos pueden ser específicos o generales, a corto plazo o a largo plazo. Los objetivos del sistema guían el diseño y el desarrollo del sistema y proporcionan un marco para evaluar su rendimiento. La alineación de los objetivos del sistema con las necesidades y expectativas de los usuarios y stakeholders es crucial para el éxito del sistema.

\*\*2.3.7 Evaluación del Sistema\*\*

La evaluación del sistema es el proceso de medir y analizar el rendimiento del sistema en relación con sus objetivos y restricciones. La evaluación del sistema puede realizarse en diferentes etapas del ciclo de vida del sistema, desde el diseño inicial hasta la operación y mantenimiento. Las técnicas de evaluación pueden incluir pruebas de rendimiento, análisis de fiabilidad, análisis de costos, análisis de impacto ambiental, etc. La evaluación del sistema ayuda a identificar áreas de mejora y a tomar decisiones informadas sobre el diseño y la operación del sistema.

\*\*2.4 Diseño de Sistemas de Ingeniería\*\*

El diseño de sistemas de ingeniería es un proceso complejo y multidisciplinario que implica la integración de conocimientos y habilidades de diferentes campos de la ingeniería y la ciencia. El objetivo principal del diseño de sistemas de ingeniería es crear un sistema que cumpla con los objetivos y restricciones establecidos de manera eficiente y efectiva. El proceso de diseño de sistemas de ingeniería puede dividirse en varias etapas, cada una con sus propias actividades y entregables.

\*\*2.4.1 Etapas del Diseño de Sistemas de Ingeniería\*\*

1. \*\*Definición del Problema:\*\* La primera etapa del diseño de sistemas de ingeniería es la definición del problema. En esta etapa, se identifican y clarifican los requisitos y objetivos del sistema. Se recopilan y analizan datos relevantes y se definen las restricciones y limitaciones del sistema. La definición del problema es crucial para asegurar que el diseño final cumpla con las necesidades del usuario y los stakeholders.

2. \*\*Investigación y Análisis:\*\* La segunda etapa, Route } from 'react-router-dom';

- \*\*Investigación:\*\* En esta etapa, se realiza una investigación exhaustiva para comprender los aspectos técnicos y científicos del problema. Se estudian los sistemas existentes y las tecnologías relevantes para identificar oportunidades de mejora y soluciones innovadoras.

- \*\*Análisis:\*\* Se analizan los datos recopilados y se evalúan diferentes alternativas y soluciones. Se utilizan técnicas de análisis, como el análisis de viabilidad, el análisis de costo-beneficio, y el análisis de riesgos, para seleccionar la mejor opción.

3. \*\*Conceptualización y Diseño Preliminar:\*\* En esta etapa, se desarrollan conceptos iniciales y se crea un diseño preliminar del sistema. Se utilizan técnicas de diseño, como el diagrama de bloques, el diagrama de flujo, y el modelo de sistema, para representar el sistema y sus componentes. Se identifican los elementos clave y se establecen las interrelaciones entre ellos.

4. \*\*Diseño Detallado:\*\* En esta etapa, se desarrolla el diseño detallado del sistema. Se especifican los detalles técnicos de los componentes y se realizan cálculos y análisis detallados para asegurar que el sistema cumpla con los requisitos y restricciones establecidos. Se crean planos, diagramas y documentación técnica.

5. \*\*Pruebas y Validación:\*\* En esta etapa, se realizan pruebas y validación del sistema para asegurar que cumpla con los requisitos y especificaciones. Se realizan pruebas de rendimiento, pruebas de fiabilidad, pruebas de seguridad, y pruebas de calidad. Se identifican y corrigieron los problemas y se realizan ajustes necesarios.

6. \*\*Producción y Despliegue:\*\* En esta etapa, el sistema se produce y se despliega en el entorno de operación. Se realizan actividades de producción, montaje, instalación y puesta en marcha. Se proporciona capacitación y soporte a los usuarios y operadores del sistema.

7. \*\*Mantenimiento y Mejora:\*\* En esta etapa, se realiza el mantenimiento y la mejora continua del sistema. Se realizan inspecciones regulares, mantenimiento preventivo y correctivo, y se implementan mejoras basadas en el feedback de los usuarios y la evolución de las tecnologías.

\*\*2.4.2 Herramientas y Técnicas de Diseño de Sistemas de Ingeniería\*\*

El diseño de sistemas de ingeniería utiliza una variedad de herramientas y técnicas para facilitar el proceso de diseño. Algunas de las herramientas y técnicas comunes incluyen:

- \*\*Modelado y Simulación:\*\* Se utilizan herramientas de modelado y simulación para representar y analizar el comportamiento del sistema. Estas herramientas permiten predecir el rendimiento del sistema y evaluar diferentes escenarios y configuraciones.

- \*\*Diseño Asistido por Computadora (CAD):\*\* Las herramientas de CAD se utilizan para crear y modificar diseños gráficos y modelos 3D del sistema. Estas herramientas facilitan la visualización y la colaboración en el diseño.

- \*\*Análisis de Riesgos:\*\* Se utilizan técnicas de análisis de riesgos para identificar y mitigar riesgos potenciales en el diseño y la operación del sistema. Estas técnicas incluyen el análisis de fallas y efectos de modo (FMEA), el análisis de árboles de fallas (FTA), y el análisis de seguridad.

- \*\*Optimización:\*\* Se utilizan técnicas de optimización para mejorar el rendimiento del sistema y reducir costos. Estas técnicas incluyen la optimización de diseño, la optimización de procesos, y la optimización de operaciones.

- \*\*Gestión de Proyectos:\*\* Se utilizan herramientas y técnicas de gestión de proyectos para planificar, ejecutar y controlar el proceso de diseño. Estas herramientas incluyen software de gestión de proyectos, metodologías ágiles, y técnicas de planificación y control de proyectos.

\*\*2.4.3 Consideraciones Éticas y Sociales\*\*

El diseño de sistemas de ingeniería no solo debe considerar aspectos técnicos y económicos, sino también aspectos éticos y sociales. Algunas de las consideraciones éticas y sociales importantes incluyen:

- \*\*Seguridad:\*\* El diseño del sistema debe priorizar la seguridad de los usuarios y operadores. Se deben implementar medidas de seguridad para prevenir accidentes y minimizar riesgos.

- \*\*Sostenibilidad:\*\* El diseño del sistema debe ser sostenible y respetuoso con el medio ambiente. Se deben considerar los impactos ambientales del sistema y se deben implementar prácticas de diseño y operación sostenibles.

- \*\*Equidad:\*\* El diseño del sistema debe ser inclusivo y equitativo. Se deben considerar las necesidades y expectativas de diferentes grupos de usuarios y stakeholders.

- \*\*Transparencia:\*\* El proceso de diseño y desarrollo del sistema debe ser transparente y responsables. Se deben comunicar claramente los objetivos, restricciones, y decisiones del diseño a los stakeholders.

- \*\*Responsabilidad Social:\*\* El diseño del sistema debe contribuir al bienestar social y económico de la comunidad. Se deben considerar los impactos sociales y económicos del sistema y se deben tomar medidas para maximizar los beneficios y minimizar los daños.

\*\*2.5 Conclusión\*\*

El diseño de sistemas de ingeniería es un proceso complejo y multidisciplinario que requiere la integración de conocimientos y habilidades de diferentes campos. El enfoque de sistemas proporciona un marco estructurado para la planificación, diseño, desarrollo, fabricación y evaluación de sistemas de ingeniería. La comprensión de los conceptos y principios de los sistemas de ingeniería es fundamental para lograr sistemas coherentes y eficientes que cumplan con los objetivos y restricciones establecidos. El diseño de sistemas de ingeniería debe considerar aspectos técnicos, económicos, éticos y sociales para garantizar que los sistemas sean viables, sostenibles y beneficiosos para la sociedad.

---

Este texto está listo para ser incluido en un PDF. Si necesitas más información o ajustes específicos, no dudes en pedirlo.