



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROTOTIPO DE SISTEMA TIPO TUTORIAL PARA EL DISEÑO
CON UN ENFOQUE SUSTENTABLE

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO
INDUSTRIAL

P R E S E N T A:

MARINI PARISSI GABRIEL

DIRECTOR DE TESIS

DR. Víctor Hugo Jacobo Armendáriz



CD. UNIVERSITARIA

2015

ÍNDICE

CAPÍTULO 1: EL DISEÑO DEL PRODUCTO	1
1.1 ¿QUÉ ES EL DISEÑO?	1
1.2 EL DESARROLLO DE UN NUEVO PRODUCTO	2
1.3 METODOLOGÍAS DE DISEÑO	3
CAPÍTULO 2: SUSTENTABILIDAD Y DISEÑO SUSTENTABLE	11
2.1 GENERALIDADES	11
2.2 SUSTENTABILIDAD	11
2.3 DESARROLLO SUSTENTABLE VS CRECIMIENTO ECONÓMICO	12
2.4 HUELLA ECOLÓGICA	13
2.5 SUSTENTABILIDAD EN LA INDUSTRIA	14
2.6 DISEÑO SUSTENTABLE	15
CAPÍTULO 3: SISTEMAS EXPERTOS	17
3.1 CONCEPTOS GENERALES	17
3.2 METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DE SISTEMAS EXPERTOS	18
3.3 SISTEMAS EXPERTOS TIPO TUTORIAL	21
CAPÍTULO 4: ANÁLISIS Y DISEÑO DEL SISTEMA	23
4.1 ANÁLISIS	23
4.2 ALCANCES, ESTRUCTURA Y CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN	26
4.3 METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	27
4.4 DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL SISTEMA EXPERTO	29
4.4.1 Reglas para el diseño sustentable	29
4.4.2 El ciclo de vida del producto	30
4.4.3 Metodología de diseño	32
CAPÍTULO 5: ESTRUCTURACIÓN DEL CONOCIMIENTO	34
5.1 ADQUISICIÓN DEL CONOCIMIENTO	34
5.2 REPRESENTACIÓN DEL CONOCIMIENTO	38
CAPÍTULO 6: DESARROLLO DEL SISTEMA	48
6.1 SELECCIÓN DEL SHELL Y DEL AMBIENTE DE DESARROLLO	48
6.2 CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA	49
CAPÍTULO 7: VALIDACIÓN Y VERIFICACIÓN DEL PROGRAMA	63
DETERMINACIÓN DE LOS MECANISMOS DE VALIDACIÓN Y VERIFICACIÓN	63
RESULTADOS DE VALIDACIÓN Y VERIFICACIÓN	65
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	69
CONCLUSIONES	69
RECOMENDACIONES	70
BIBLIOGRAFÍA	72
ANEXO	74

Introducción

El diseño es la integración de lo que quieren los clientes y lo que puede producirse eficientemente, además de generar una oferta coherente con los productos, imagen y estrategia de la compañía. El proceso desarrollo de un producto es un proceso que requiere tiempo y dedicación, este tutorial sirve tanto para que el usuario tenga una primera vista y comprenda poco a poco el proceso, que para quienes quieran desarrollar un producto.

La finalidad de éste tutorial es que durante el proceso de desarrollo de un producto, el diseñador o el grupo de diseñadores considere los principios y las reglas del diseño para el ambiente, principios que se presentarán a lo largo del tutorial de acuerdo a su relación con las fases de diseño.

Hipótesis

- Es posible desarrollar un prototipo de sistema experto tipo tutorial para el diseño con un enfoque sustentable, que ayude a emprendedores y diseñadores de productos, a que puedan generar productos con un enfoque sustentable.

Objetivo General

Desarrollar un prototipo de sistema experto tipo tutorial para el diseño con un enfoque sustentable.

Objetivos Específicos

- Desarrollar una base de datos con reglas y guías para el diseño con un enfoque sustentable.
- Programar un prototipo de sistema experto tipo tutorial para el diseño con un enfoque sustentable.
- Validar la facilidad de uso del sistema con usuarios objetivo y expertos en el área.
- Desarrollar el sistema para sirva de asistencia para el diseño de productos y como medio de aprendizaje y reforzamiento del conocimiento para inexpertos del tema.

Alcances del proyecto

- Las guías y reglas del sistema experto son generales.
- Pretende abarcar y ser de utilidad a la gran gama de diseños de producto que se puedan desarrollar.
- El diseño gráfico y las mejoras potenciales no forman parte de este prototipo.
- El conocimiento experto se tomó de lo reportado en la literatura.
- El sistema será validado con una encuesta de facilidad de uso hecha a 9 usuarios.

CAPÍTULO 1: El diseño del producto

1.1 ¿Qué es el diseño?

El diseño: es una herramienta de trabajo, una actividad integradora, una ciencia de encuentro, un humanismo, un medio operativo. Es en consecuencia una disciplina orientada a la resolución de problemas que el hombre se plantea [1].

El término diseño se refiere a una correcta producción de objetos que responden a funciones necesarias, dichos objetos ya se fabricaban y siguen fabricándose, y cada vez son mejorados a partir de los materiales y las tecnologías empleadas. Son objetos de uso cotidiano en las casas y en los lugares de trabajo, y la gente los compra porque no hacen caso de las modas, carecen de problemas de símbolos de clase, son objetos bien proyectados y no importa por quien. Este es el verdadero diseño [2].

“El diseño es una droga milagrosa para aumentar las ventas, un refinamiento del capitalismo, una bella apariencia que encubre intereses de bajo valor utilitario de una mercancía para elevar su valor a cambio dinero” [3].

Entonces, ¿qué es diseñar?, es pensar antes de hacer, analizar, planificar y ejecutar para responder a las necesidades de los usuarios. Es la disciplina integral que hace visible a una empresa dentro de un mercado, haciéndola rentable y beneficiando su imagen pública, esta herramienta es una gran estrategia para mejorar la competitividad de las empresas.

El diseño es la integración de lo que quieren los clientes y lo que puede producirse eficientemente, además de generar una oferta coherente con los productos, imagen y estrategia de la compañía.

Se define como rentabilidad a la capacidad de una organización para producir y generar beneficios o utilidades con el fin de toda empresa es ser rentable, para lograr esto se tiene que desarrollar productos de calidad, es decir, deben anticipar, identificar y satisfacer las necesidades del cliente, en forma continua y sujeto a los recursos limitados con que cuenta la organización haciendo que la empresa sea productiva. Para elevar la productividad no solo se debe aumentar la producción, sino emplear menos recursos para producir más, por lo que mejorar la calidad implica elevar su productividad, por ello se busca la satisfacción hacia los clientes, es decir, la empresa debe ser competitiva en el sector del mercado donde participa y a su vez ser rentables. Incrementar estos aspectos en la empresa es importante, pero también es esencial tener la capacidad de crear productos que satisfagan las necesidades de los clientes. Un producto es algo que requiere de un proceso para ser elaborado, el desarrollo de un producto es una serie de actividades que inicia al identificar un nicho de mercado y termina en la producción, venta y

entrega del producto. Alcanzar estas metas requiere en gran medida de un buen desarrollo del producto que comprende desde la mercadotecnia hasta el diseño y manufactura.

Por esto, el diseño de un producto es una de las principales herramientas que tienen las empresas para lograr sus objetivos, un producto con un buen diseño puede contribuir en una empresa de diferentes formas:

- Innovar de manera radical en conceptos, producto y procesos.
- Organizar y diversificar la oferta de productos, ayudándolos a diferenciarse de los de la competencia.
- Generar productos nuevos a partir de tecnologías existentes.
- Introducir mejoras funcionales, estéticas y productivas en productos ya existentes.
- Mejorar la experiencia de uso de los productos, incrementando su valoración por parte de los usuarios.
- Facilitar la producción, optimizar costos de fabricación.
- Adaptar productos a nuevos mercados.
- Desarrollar la imagen de un producto en su totalidad.

1.2 El desarrollo de un nuevo producto

Un producto es lo que una empresa pretende vender, el desarrollo de un producto son las actividades que a seguir para hacerlo, actividades que van desde la percepción de una oportunidad de mercado hasta que empieza la producción [5].

El desarrollo exitoso de los productos hace que se puedan producir y vender con rentabilidad, aun cuando ésta es a veces difícil de evaluar con rapidez y en forma directa. Se pueden considerar algunos parámetros para evaluar el rendimiento del desarrollo del producto [5]:

- Calidad de producto: ¿Satisface las necesidades del cliente? ¿Es un diseño robusto y confiable? Este punto se refiere a que tan bueno es el producto que surge del desarrollo.
- Costo de producto: ¿Cuál es el costo de manufactura del producto? Para este costo se debe considerar gasto en bienes de capital y herramientas, así como el costo incremental. Este costo determina cuanta utilidad corresponde a la empresa por un volumen y un precio de venta.
- Tiempo de desarrollo: ¿Cuánto tiempo se tardó en desarrollar el producto? Este tiempo es el tiempo de respuesta que tiene la empresa a la competencia y a desarrollos tecnológicos.
- Costo de desarrollo: ¿Cuánto gastó la empresa en desarrollar el producto? Generalmente es una parte importante de la inversión necesaria para alcanzar utilidades.
- Capacidad de desarrollo: ¿Qué tan buenos se consideran el equipo y la empresa para desarrollar productos en el futuro con base en su experiencia desarrollando productos?

Ésta es una ventaja competitiva, que la empresa puede usar para desarrollar producto con más eficiencia y mejor economía.

El desarrollo de productos, requiere la interacción con diferentes áreas de una empresa; durante este proceso generalmente siempre son esenciales las siguientes áreas, que se muestran en la *Figura 1.1*:



Figura 1.1: Interacción con las diferentes áreas de una empresa.

Mercadotecnia: Parte de la empresa que interpreta las necesidades de los clientes y relacionarlas con la empresa. Es quién se encarga de buscar las oportunidades de productos, de encontrar las ideas, definir los segmentos de mercado e identificar las necesidades de los clientes.

Manufactura: Es la encargada de la operación, coordinación y diseño del sistema de producción. También abarca ciertas actividades correspondientes a la cadena de suministro, que son las relacionadas con el flujo y transformación de bienes, desde que se obtiene la materia prima hasta el usuario final.

Diseño: Su función es definir la forma física que tendrá el producto de tal manera que satisfaga las necesidades del cliente, el diseño comprende tanto el diseño de ingeniería (mecánico, eléctrico, software, etc.) y el diseño industrial (estético, ergonómico, interfaces de usuarios).

1.3 Metodologías de diseño

La metodología de desarrollo del producto está enfocada a unir las funciones de mercadotecnia, diseño y manufactura de la empresa, un proceso es una secuencia de pasos que transforma un

conjunto de entradas en un conjunto de salidas, en la empresa son el conjunto de actividades que usa para diseñar y comercializar un producto. Estos pasos y actividades son intelectuales y organizacionales. Cada empresa puede seguir sus propios procesos de desarrollo e incluso seguir varios pasos diferentes productos. Un proceso bien definido de desarrollo es útil en:

Aseguramiento de la calidad: Especifica las fases por las que pasará un proyecto de desarrollo y los puntos de inspección en el proceso, seguir el proceso de desarrollo es una forma de garantizar la calidad del producto resultante.

Coordinación: Un buen proceso de desarrollo es útil para determinar que actividades desarrollarán los elementos del equipo. Informa a los miembros del equipo cuando su colaboración sea necesaria y con quién necesitarán intercambiar información y materiales.

Planeación: La programación de los tiempos de cada etapa, fija el programa del proyecto general de desarrollo.

Administración: Un proceso de desarrollo es un estándar de referencia para evaluar la operación de un trabajo vigente de desarrollo. Se puede identificar posibles áreas problemáticas, comparando los escenarios planteados con la realidad de la situación.

Mejoría: La documentación cuidadosa del proceso de desarrollo de una organización ayuda a identificar oportunidades para mejorar.

Algunas metodologías de diseño son:

- Método proyectual Bruno Munari [2]. El método proyectual consiste en una serie de operaciones necesarias, dispuestas en un orden lógico dictado por la experiencia. Su finalidad es la de conseguir un máximo resultado con el mínimo esfuerzo, el proceso de diseño se muestra en la *Figura 1.2*.
 1. Problema: Lo que se desea realizar. Debe ser bien definido.
 - Definición del problema: Definir los aspectos:
 - Conceptuales: ¿qué? ¿para qué?
 - Formales: ¿Cómo es? ¿Cómo se ve?
 - Materiales: ¿Con qué se hace? ¿De qué se hace?
 - Técnicos: ¿Cómo se hace?
 - Recopilación de datos: Recolección de información valiosa relacionada con las preguntas establecidas (por medio de encuestas, fuentes, etc.). Datos = aspectos sueltos, aislados. Información = uso de datos para un fin.
 - Análisis de datos: Evaluar o valorar la información útil para llegar a algo (una finalidad; mediante un proceso). Se realiza esta pregunta: ¿Cómo se llegó a las respuestas?
 - Creatividad: Se realiza una búsqueda de soluciones.
 - Tecnología: Recursos o materiales disponibles para llegar a la solución.
 - Experimentación: Se recurre a la prueba y al error. Se basa en la experiencia adquirida.

- Bocetos, Modelos: Son las ideas realizadas, llevadas a la práctica o acción.
- Verificación: Son los resultados según lo planteado. Preguntas: ¿Cuál es la mejor solución? ¿Funciona?
- Solución: Resultado final, el último de los pasos.

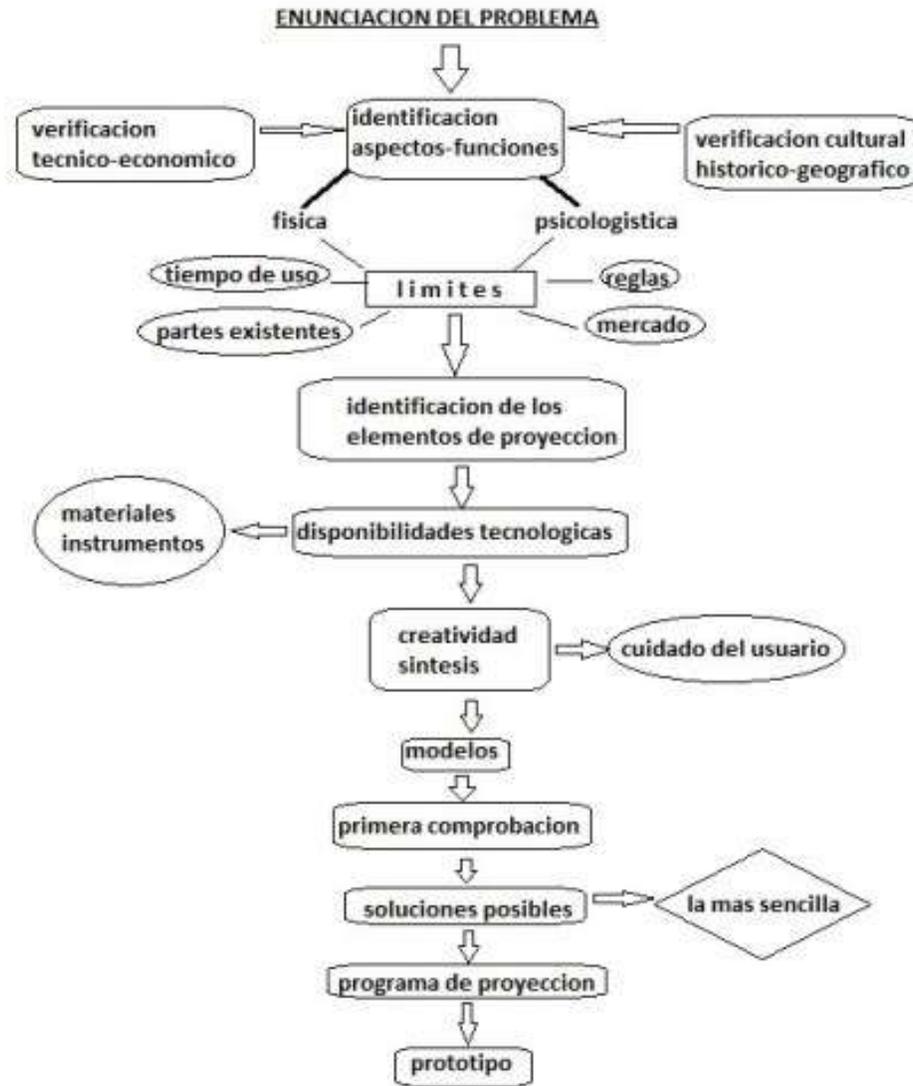


Figura 1.2. Metodología proyectual [2].

- Método generalizador integrado, Víctor Papanek [4]. Para lograr la funcionalidad, tanto como la significatividad, el autor propone el desarrollo del complejo funcional. Según Papanek, el proceso de diseño debe reunir tres pasos:
 1. Descripción de la necesidad
 2. Creatividad, para resolver problemas
 3. Sugerencias y métodos que permitan la resolución del problema

El diagrama muestra la dinámica de los elementos a considerar en el diseño, que se muestran en la *Figura 1.3*:

- Método. Se refiere a la interacción de los elementos, herramientas, tratamientos y materiales, que se usarán de buscando el óptimo económica y eficientemente.
- Utilización. En este punto debe responder adecuadamente la pregunta ¿Sirve?
- Necesidad. Son a las verdaderas exigencias económicas, psicológicas, espirituales, tecnológicas e intelectuales, que van más allá de las que guían las modas.
- Telesis. Con esto se refiere al reflejo de las condiciones que dan lugar a un diseño para que éste se ajuste a orden socioeconómico donde va a actuar, evitando el anacronismo que origina el consumismo.
- Asociación. Condicionamiento que predispone a la simpatía o antipatía ante un valor dado.
- Estética. Configuración de formas y colores que resulta en entidades significativas que conmueven o agradan los sentidos.

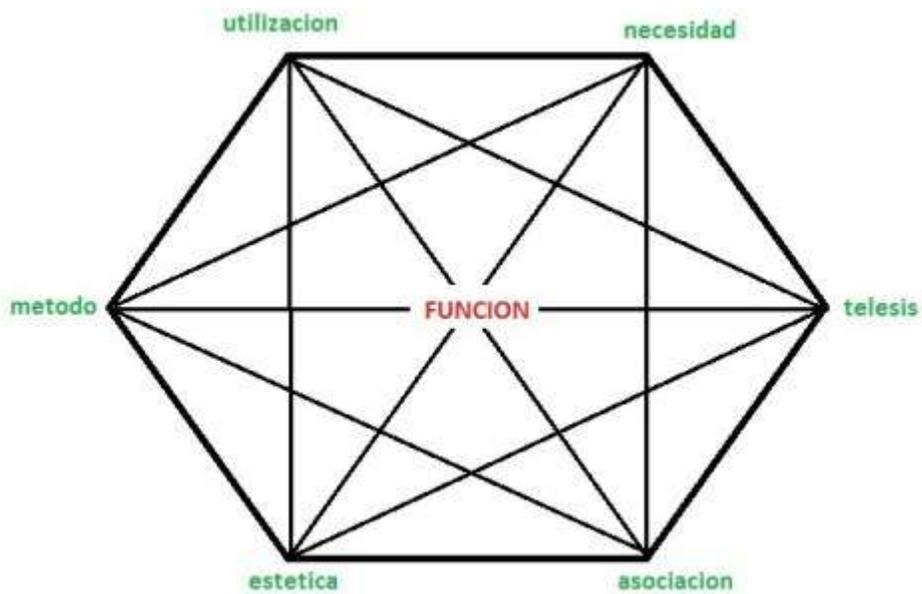


Figura 1.3. Diseño generalizador [4].

- Proceso creativo de solución de problemas de Bernd Löbach [3]. Este autor considera al proceso de diseño como el conjunto de posibles relaciones entre el diseñador y el objeto diseñado para que éste resulte un producto reproducible tecnológicamente.

El proceso creativo se establece mediante relaciones novedosas basadas en conocimientos y experiencias anteriores que se vincula con la información del problema. El proceso de implica tanto diseño implica tanto lo creativo como los procedimientos de solución de problemas que siguen como constantes.

Las cuatro fases:

1. **Análisis del problema.** Es indispensable recopilar todos los datos que le conciernen al problema. Cualquier dato contribuye a la base en la que se edifique una respuesta.
2. **Solución del problema.** Con base en las relaciones de información y la conclusión de condiciones para la solución del problema.
3. **Valoración de soluciones.** Aquí se analiza a detalle las alternativas presentadas entre las que se elige aquella que responde a un enfrentamiento cuidadoso con los valores fijados como conclusiones de la fase 1.
4. **Realización de soluciones.** Se concreta la respuesta y afinan los detalles con dibujos y explicaciones gráficas necesarias.

El proceso de diseño de Bernd Löbach se puede observar en la *Figura 1.4*.



Figura 1.4. Metodología de diseño de Bernd Löbach [3].

- Método de diseño de Earle [6], es un método estructurado en el cual a partir de un problema de diseño y proponer varias posibles soluciones que al combinarlas y mejorarlas se llega a un diseño final que satisfaga las necesidades del cliente.

Los pasos de la metodología de Earle es el siguiente:

- **Identificación del problema.** Identificar la necesidad y la función que el producto debe ofrecer para satisfacer la necesidad. Esto basado en estadísticas, entrevistas, datos históricos, observaciones personales, datos experimentales o proyecciones de conceptos actuales.
- **Ideas preliminares.** Una vez definido el problema, se recopilan ideas preliminares que nos llevan a los conceptos de diseño, esto mediante bocetos, dibujos.
- **Perfeccionamiento del problema.** Este es el primer paso en la evaluación de ideas preliminares y se centra en el análisis de limitaciones. Aquí se combinan los bosquejos, notas, dibujos, se combinan y perfeccionan con el fin de obtener varias soluciones.
- **Análisis.** Implica el repaso y evaluación de un diseño, en variables de factor humano, apariencia comercial, resistencia, operación, cantidades físicas y economía dirigidos a satisfacer los requisitos del diseño.
- **Decisión.** Etapa en la cual el proyecto debe aceptarse o rechazarse, total o parcialmente. Esto mediante experiencia técnica e información real.
- **Realización.** Ultimo paso en el cual se preparan y supervisan los planos y especificaciones finales con los cuales se va a construir el diseño.

Este proceso de diseño se puede observar más claramente en la *Figura 1.5*.

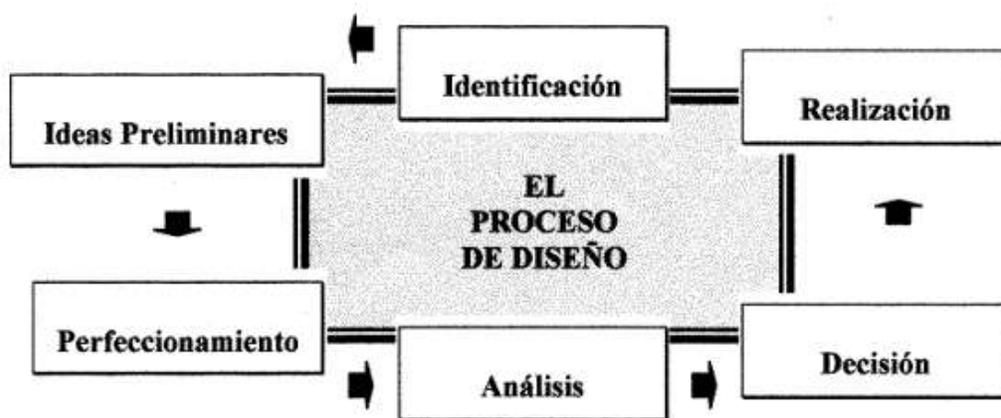


Figura 1.5. Método de diseño de Earle [6].

- ✓ Metodología de diseño de Ulrich [5]. Esta es una metodología muy estructurada, que para usos didácticos es muy amigable, por lo que se optó por implementar esta metodología en el desarrollo del sistema experto. Dentro de esta metodología, se contemplan la intervención de todas las áreas de la empresa y las actividades particulares que deben realizar estas para el desarrollo exitoso de un producto. El proceso de diseño de Ulrich se puede observar en las Figuras 1.6, 1.7, 1.8 y 1.9.



Figura 1.6: Metodología de Ulrich y sus fases en el área de Mercadotecnia



Figura 1.7: Metodología de Ulrich y sus fases en el área de Diseño

Manufactura					
Fase 0: Planeación <ul style="list-style-type: none"> • Restricciones de producción • Estrategia para la cadena de suministro 	Fase 1: Desarrollo del concepto <ul style="list-style-type: none"> • Costo aproximado de manufactura • Factibilidad del producto 	Fase 2: Diseño a nivel sistema <ul style="list-style-type: none"> • Identificar proveedores • Análisis de fabricar contra comprar • Esquema final de ensamble • Costos objetivo 	Fase 3: Diseño a detalle <ul style="list-style-type: none"> • Definir procesos de producción de piezas • Diseñar herramienta • Definir procesos de aseguramiento de la calidad • Adquisición de herramienta para fabricación 	Fase 4: Pruebas y refinamiento <ul style="list-style-type: none"> • Facilitar el inicio de producción de los proveedores • Refinar procesos de fabricación y ensamble • Capacitar personal • Refinar procesos de aseguramiento de la calidad 	Fase 5: Inicio de producción <ul style="list-style-type: none"> • Iniciar operación de todo el sistema de producción

Figura 1.8: Metodología de Ulrich y sus fases en el área de Manufactura

Otras funciones					
Fase 0: Planeación <ul style="list-style-type: none"> • Investigación: Demostrar tecnologías disponibles • Finanzas: Indicar metas de planeación • Dirección general: Asignar recursos al proyecto 	Fase 1: Desarrollo del concepto <ul style="list-style-type: none"> • Finanzas: Análisis económico • Legal: Investigar cuestiones de patentes 	Fase 2: Diseño a nivel sistema <ul style="list-style-type: none"> • Finanzas: Análisis de fabricar contra comprar • Servicio: Identificar cuestiones de servicio 	Fase 3: Diseño a detalle	Fase 4: Pruebas y refinamiento <ul style="list-style-type: none"> • Ventas: Plan de ventas 	Fase 5: Inicio de producción

Figura 1.9: Metodología de Ulrich y sus fases en otras funciones de la empresa

Capítulo 2: Sustentabilidad y Diseño sustentable

2.1 Sustentabilidad

La definición técnica de sustentabilidad, mayormente reconocida es aquella del Informe Brundtland, que dice: *el desarrollo sostenible es el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades* [9].

El desafío de la sustentabilidad no es técnica ni racional, es un cambio de actitud en el comportamiento, que afecta diferente de acuerdo al grupo o comunidad que trate de resolver ciertos problemas.

La sustentabilidad es un proceso que involucra a las personas, instituciones, los recursos naturales y al ambiente. Es implementada colectivamente y con miras a futuro. En este proceso se ven involucrados cambios, en el comportamiento, actitud, formas de consumo, hábitos de consumo y adquisición, y en como la sociedad percibe y valora el ambiente.

2.2 Generalidades

En los últimos años se ha vivido un reciente desarrollo de las empresas y su relación con el medio ambiente, lo que resulto en la adopción de la sustentabilidad corporativa, algunos tópicos de las nuevas consideraciones son [8]:

Cambio climático: Cuando se reconoció el cambio climático como un suceso que está cambiando el mundo, gobierno, organizaciones no gubernamentales y corporaciones empezaron a explorar políticas y tecnologías para mitigar o intentar solucionar las emisiones de gases de efecto invernadero y otros problemas ambientales que la industria ha provocado.

Seguridad energética: En lo que se refiere al problema del agotamiento de combustibles fósiles y la dependencia a importaciones de petróleo, aunado a esto las emisiones de carbono a la atmósfera, esto llevó al desarrollo de nuevos combustibles.

Conciencia del cliente: Tanto detallistas como clientes industriales, cada vez se preocupan más por el ambiente y el rendimiento de los productos que adquieren. Por tanto varias empresas comienzan a desarrollar sistemáticamente a revisar el rendimiento ambiental de sus proveedores, y algunos gobiernos han introducido políticas ambientales.

Requisitos legales: En la Unión Europea algunos jefes de gobierno cambiaron sus políticas con las empresas multinacionales para cambiar sus prácticas con respecto al diseño del producto y la administración del ciclo de vida, estas medidas han sido adoptadas en varios países.

Códigos y estándares voluntarios: Códigos voluntarios como los principios Ceres y los estándares ISO 14001, han sido adoptados en los negocios como una manera de demostrar responsabilidad ambiental.

Programas de Eco-etiquetado: Estas iniciativas han sido bien aceptados por los clientes en todo el mundo, para industrias como electrónica, productos de consumo, alimentos y otras se ven obligadas a tener mejores calificaciones para mantenerse competitivos.

Inversiones impulsadas por la sustentabilidad: La comunidad financiera ha comenzado a reconocer a la sustentabilidad como un indicador de una gestión global superior.

Globalización: El crecimiento rápido de la economía y también la globalización de la cadena de suministro, han forzado a que empresas multinacionales alcancen nuevos retos, energéticos, protección ambiental, derechos humanos y socialmente responsables.

Transparencia: El crecimiento masivo de los medios de comunicación electrónicos, le es esencial para que las compañías incrementen sus niveles de contabilidad, transparencia y la participación de las partes interesadas.

2.3 Desarrollo sustentable vs crecimiento económico

Dentro del desarrollo sustentable, hay quienes consideran que es un concepto con muchas contradicciones puesto que sustentabilidad y desarrollo no pueden coexistir, pero también existe el punto de vista en el cual el desarrollo sustentable y el crecimiento económico pueden coexistir, bajo las condiciones en las cuales no se toma desmedidamente lo que se requiere de los recursos naturales y la sociedad.

Actualmente sociedad, e intereses económicos trabajan de manera similar, toman del ambiente lo que necesitan y en ocasiones más de lo que requieren para solventar sus necesidades, con el fin de tener más beneficios económicos. Esto involucra el uso indiscriminado de recursos naturales, que en algunos países significa realizarlo bajo condiciones pobres de trabajo y obteniendo beneficios económicos escasos.

Estos dos términos son explicados por Vaughan, que dice:

- Crecimiento económico, es cuantitativo. Considerando una base, es un cambio o variación con inversiones, producción, ingresos, y consumo.
- Desarrollo sustentable, se refiere a un cambio cualitativo. Esto significa cambios no solo en la economía, también institucionales, social y cambios ambientales.

Tanto el crecimiento económico como el desarrollo sustentable son dos aspectos que deben estar presentes tanto en empresas como en la sociedad en general. Si bien, el objetivo de la sociedad y de las empresas es generar una calidad de vida razonable para la región en la que se encuentren o su región objetivo en el caso de las empresas, se debe mantener un equilibrio entre el bienestar social y el del ambiente ya que es de donde obtenemos los recursos necesarios para mantener la calidad de vida que se busca.

2.4 Huella ecológica

El producto interno bruto es un indicador que mide el progreso económico de un país considerando la venta de sus productos, el valor agregado, etc. Sin embargo este no considera las pérdidas ambientales que se producen, así como tampoco considera las consecuencias sociales.

Es útil tener una forma de medida de cuanto afectamos ambientalmente con lo que consumimos, a esta medida es llamada “huella ecológica. Mide cuánta área de la tierra y del agua requiere una población humana para producir el recurso que consume y absorber sus desechos usando la tecnología prevaleciente.

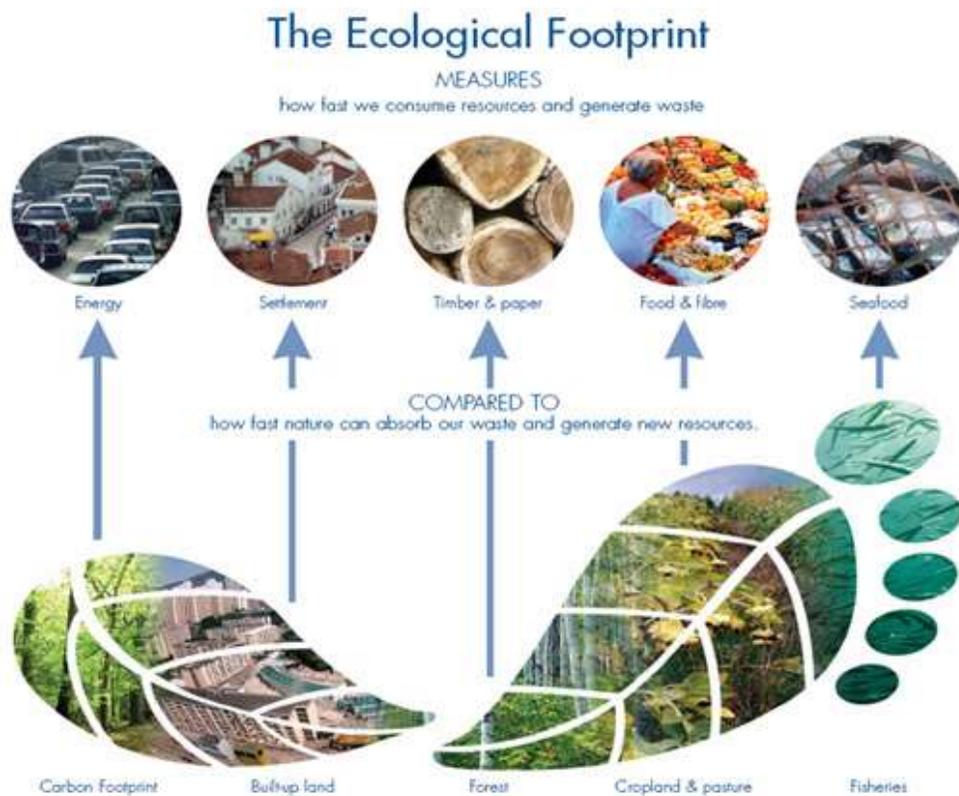


Figura 2.1 Huella ecológica, los elementos que le influyen [14].

2.5 Sustentabilidad en la industria

Hay tres áreas principales en las que la industria influye sobre el ambiente:

- Contaminación a través de los procesos de manufactura del aire, agua y suelo.
- Producción de desperdicio, en los procesos de manufactura.
- Consumo de recursos naturales.

A continuación se presenta una descripción más sintética y algunas formas de reducir las implicaciones de las áreas anteriormente mencionadas.

- Reducción en la contaminación
 - En el agua, aire y tierra, a tal grado que existen corrientes de agua sin vida, tierras infértiles y cambios atmosféricos.
- Algunas alternativas para reducir la contaminación:
 - Instalar filtros electrostáticos y *scrubbers* en el *stack* de las planta de energía.
 - Reemplazar materias y suministros para ciertos procesos.
 - Filtros de aire y procedimientos para limpiar los filtros y el tratamiento de los lodos.
 - Tratar de reusar las aguas residuales.
 - Incorporar plantas de tratamiento de agua en las plantas.
 - Tratar de eliminar gases peligrosos y almacenar bien los materiales peligrosos de acuerdo a las políticas.
- Producción más limpia
 - Una producción más limpia ha sido definida por la UNEP (*United Nations Environment Programm*) como la continua aplicación de una estrategia integrada preventiva ambiental para los procesos, productos, y servicios, para incrementar toda la eficiencia del sistema, y reducir riesgos a los humanos y al ambiente. Este concepto se puede utilizar en cualquier industria.
 - Este se refiere más a un enfoque preventivo para la gestión ambiental. Se pueden medir usando indicadores
- Reducción de desperdicios
 - Actualmente las industrias tratan de recuperar sus productos al final de su ciclo de vida, para tratar reconvertirlos tanto como sea posible a sus elementos iniciales. Lo que significa que la vida de un producto ya no sea lineal, sino un ciclo cerrado en el que se desperdicia lo menos posible.

- Algunas alternativas para reducir los desperdicios:
 - Incrementar la investigación para reducir la relación entre el peso del producto final y los materiales involucrados para hacerlos.
 - Diseñar productos para incrementar su vida útil.
 - Reducir el embalaje y usar materiales reciclados en el embalaje.
 - Incentivar a los clientes a que envíen de regreso algunas partes para ser reusadas.
 - Reutilizar tanto como sea posible.
 - Investigar para encontrar nuevos usos a los desperdicios.

2.6 Diseño Sustentable

El diseño sustentable, es la forma en la cual una empresa puede manufacturar y pensar al mismo tiempo en el ambiente. Generalmente los componentes de un proceso industrial son producto, diseño, volumen de producción, costos de manufactura, más sin embargo ahora se debe considerar al medio ambiente como un elemento más dentro de la industria.

El tema está en enlazar con la ecología industrial, donde la necesidad de involucrar al ambiente en el proceso de diseño se debe poner bajo análisis. La ecología industrial, se puede definir como el estudio y análisis de las potenciales interacciones entre la actividad industrial y el medio ambiente.

Si en la manufactura se analiza el consumo de material y el proceso de reingeniería, y que uno de los objetivos principales sea que en vez de tratar los desperdicios, se tratara de no crear más. Si durante el trabajo de manufactura se tiene en cuenta estos conceptos, los productos pueden ser diseñados teniendo en cuenta su destino al final de su vida útil, y se puede considerar que los componentes de un producto puedan ser regresados tanto como sea posible a su forma original. Es entonces cuando la industria puede comprender que solo toma prestado del ambiente aquello que va a manufacturar.

La *figura 2.2*, nos ayuda a entender la manera en que el diseñador influye en el impacto de un producto ante el mercado y el medio ambiente. Durante el diseño se debe tomar en cuenta todos los factores que van a impactar tanto al usuario como a la empresa y al medio ambiente, ya que son los diseñadores de productos quienes deciden que materiales, que procesos y todo lo referente al producto, por tanto, es indispensable que tengan una noción cuando menos básica de lo que es un diseño sustentable o al menos una herramienta que los pueda orientar.

Un buen diseño de un producto genera una experiencia agradable para el usuario, lo que genera una lealtad y un beneficio a la empresa, ahora pensar en un producto verde debe generar una

experiencia tanto al usuario como para el ambiente, es decir que el ambiente sea lo menos dañado posible e inclusive que sea regenerado.



Figura 2.2. Relación entre diseñadores de productos, el ambiente y la industria

Capítulo 3: Sistemas Expertos

3.1 Conceptos Generales

Para comprender lo que son los expertos, se debe explicar lo que es la **inteligencia artificial**, ya que una variante de esta son los sistemas expertos. La **inteligencia artificial**, es una aplicación de reglas lógicas computacionales que estructuran métodos de razonamiento, que tienen como objetivo emular la capacidad humana de resolver problemas mediante deducción e inducción.

El **sistema experto** es una vertiente de la inteligencia artificial, ya que utilizan una plataforma de conocimientos heurísticos y una estructura de razonamiento construida a partir de reglas, con el fin de analizar un problema a partir de la información a disposición y metodologías de estructuración de la misma para obtener una conclusión. En la *Figura 1* se muestran los componentes principales de un sistema experto.



Figura 3.1: Componentes principales de un sistema experto.

Base de conocimientos. Es decir el almacén donde se encuentran las reglas previamente establecidas, con base en la experiencia reportada por los expertos en el tema. Base que le servirá al sistema para arrojar una solución racional.

Base de hechos. Información fundamentada en experiencias previas y que van más allá de esquemas teóricos o deducción. A medida que se analizan diversos casos esta base de hecho se va reforzando, generando datos estadísticos de fenómenos que ya se hayan presentado varias veces y los resultados obtenidos corroboran el razonamiento lógico empleado por el sistema experto. Si el razonamiento lógico no sea capaz de proveer resultados admisibles, la base de hechos podrá ser aplicada dando un porcentaje de certeza en función de la información a disposición, por ende con ayuda de la base de hechos se puede construir un sistema de respaldo para la resolución de problemas.

Motor de inferencia. Este módulo constituye el sistema lógico de razonamiento capaz de procesar la información de la base de conocimientos y la información referente a un problema. Éste módulo sigue una serie de reglas planteadas en un lenguaje de programación, y por el ingeniero del conocimiento. Los sistemas expertos actuales usan métodos de razonamiento ya sea, estadístico, difuso, usando modelos matemáticos o de simples reglas, dependiendo de la complejidad del sistema y de la información a disposición.

Interfaz de usuario. La función de esta interfaz es la de establecer un canal de comunicación entre el usuario y el sistema experto, para el sistema propuesto la interfaz le será útil al usuario para que pueda diseñar un producto con cierto orden y considerando la sustentabilidad en él. La interfaz debe ser sencilla y amigable para el usuario.

Shell. Tiene como función resolver el problema de interpretación de la información generada por usuario y computador, para lograr un mismo lenguaje.

3.2 Metodología para el desarrollo de sistemas expertos

Existen varias metodologías para desarrollar un sistema experto, ésta área del conocimiento es relativamente joven, por lo que cada autor propone una metodología de acuerdo a su forma de desarrollo. Algunas de las metodologías para desarrollar sistemas expertos son:

- Metodología de Ingeniería del Conocimiento de *Jhon Durkin*
- Metodología de *Buchanan*
- Metodología de *Grover*
- Metodología de *Brule*
- Metodología de *Blanque y García Martínez*
- Metodología de *KADS*
- Ingeniería del software, etc.

Dentro de estas la Metodología de Ingeniería del Conocimiento de Jhon Durkin, presenta una estructura que favorece más a la construcción del sistema experto que se propone, los pasos de la metodología aparecen en la *figura 3.2*. Los pasos específicos de cada fase son:

FASE 1: EVALUACIÓN

- Motivación para el Esfuerzo.
- Identificar problemas candidatos.
- Estudio de viabilidad.
- Análisis de Costo/Beneficio.
- Seleccionar el mejor proyecto.
- Escribir el proyecto propuesto.

FASE 2: ADQUISICIÓN DEL CONOCIMIENTO

- Recolección del conocimiento.
- Interpretación.
- Análisis.
- Diseño de métodos para recolectar conocimiento adicional.

FASE 3: DISEÑO

- Seleccionar Técnica de Representación del Conocimiento.
- Seleccionar Técnica de Control.
- Seleccionar Software de Desarrollo de Sistema Experto.
- Desarrollo de Prototipo.
- Desarrollo de Interfase.
- Desarrollo del Producto.

FASE 4: PRUEBAS

- Validación del Sistema.
- Evaluación de la Prueba/Evaluación.

FASE 5: DOCUMENTACIÓN

- Relación de temas que deben ser documentados.
- Organización de la documentación.
- Documentación Impresa.
- Documentación en hipertexto.
- Reporte Final

FASE 6: MANTENIMIENTO

- Modificaciones probables del sistema.

- Responsables de mantenimiento.
- Interfaces de documentación del mantenimiento

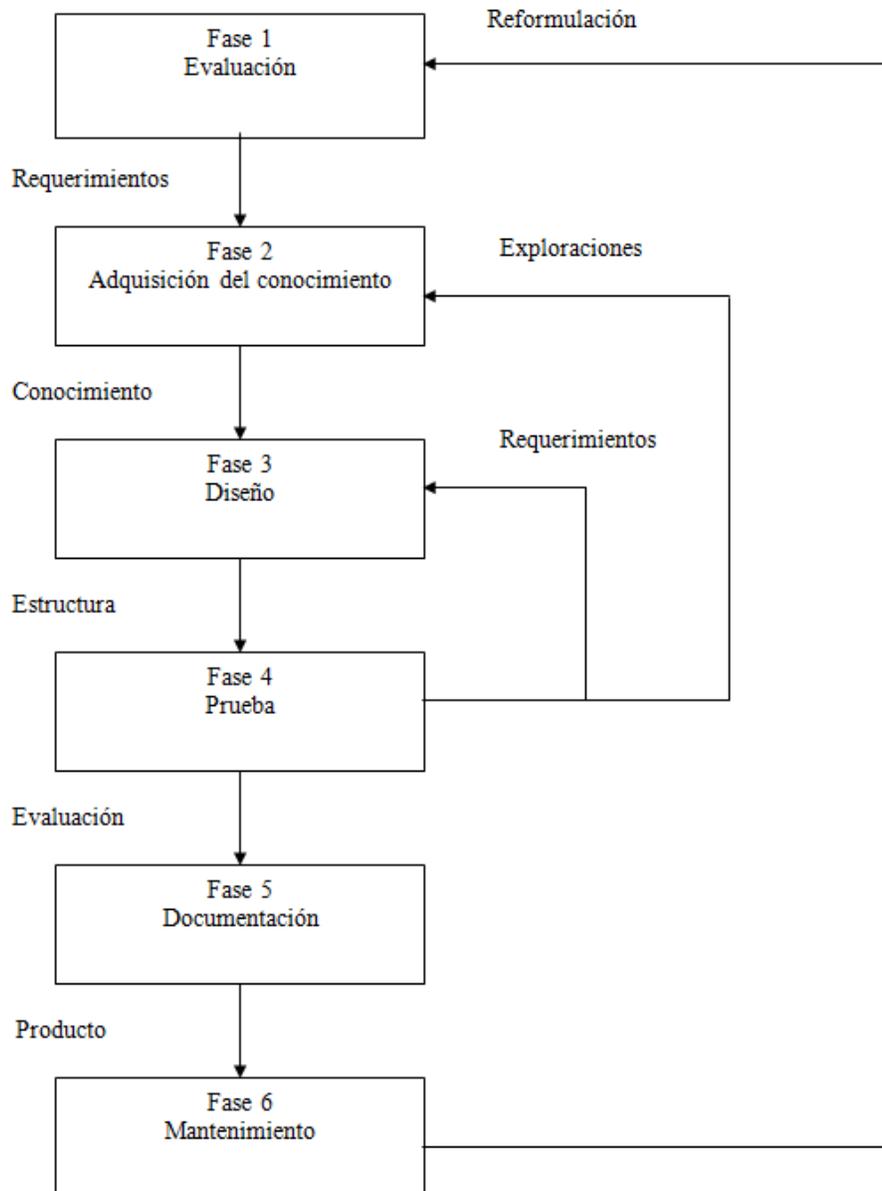


Figura 3.2. Metodología de Ingeniería del Conocimiento de John Durkin [24].

3.3 Sistemas expertos tipo tutorial

Los sistemas tutores inteligentes (STI) comenzaron a desarrollarse en los años ochenta con la finalidad de impartir el conocimiento con alguna forma de inteligencia para poder asistir y guiar al estudiante en su proceso de aprendizaje.

Algunas definiciones que le dan los expertos a lo que es un tutor inteligente son: *“es un sistema de software que utiliza técnicas de inteligencia artificial (IA) para representar el conocimiento e interactúa con los estudiantes para enseñárselo”*, VanLehn. Wolf define los STI como: *“sistemas que modelan la enseñanza, el aprendizaje, la comunicación y el dominio del conocimiento del especialista y el entendimiento del estudiante sobre ese dominio”*. *“Un sistema que incorpora técnicas de IA (Inteligencia Artificial) a fin de crear un ambiente que considere los diversos estilos cognitivos de los alumnos que utilizan el programa”* Giraffa..

Desventajas de los STI son:

- No presenta el nivel esperado de *“inteligencia”* debido a la dificultad para el modelado de funcionamiento de la mente humana. Esto es que, debido a la complejidad de nuestra mente un sistema experto tipo tutorial, el cual su función es enseñar un tema en específico, lo que actualmente se tiene de experiencia acerca de los SI no es suficiente para poder cumplir con las expectativas del usuario al 100%.
- Aún no proveen de un modo de aprendizaje adaptable de acuerdo a los conocimientos previos y a la capacidad de evolución de cada estudiante. Debido a que cada persona entiende de una manera única y presenta diferentes dudas, aun es difícil poder interpretar y resolver estas mismas.

Pese a las anteriores desventajas una forma de solucionar este problema es intentar hacer que el sistema experto sea tanto como sea posible explicativo y fácil de entender para el usuario, de esta manera se intenta minimizar las dudas que pueda llegar a tener el usuario.

Puesto que un STI pretende simular a un maestro y que requiere interactuar con el alumno para detectar los puntos débiles en su aprendizaje, para utilizar estrategias tutoriales a la medida del estudiante, estos sistemas están compuestos por los siguientes módulos:

- **Módulo experto.** Este presenta el conocimiento del área de enseñanza y cubre algunos razonamientos para las respuestas del estudiante. Este módulo contiene ejercicios para que el estudiante resuelva y pueda corregir y saber si se llegó al resultado correcto.
- **Módulo modelo del estudiante.** Contiene la información del estudiante. Intenta predecir el nivel de comprensión del estudiante o reconocer el estilo de aprendizaje.
- **Módulo tutor.** Contiene las estrategias, reglas y procesos de interacción entre el estudiante y el sistema. Su función es la elección del problema a resolver, el control y crítica del rendimiento del alumno, recomienda y facilita material de apoyo al estudiante.

- **Módulo interfaz con el usuario.** Genera las salidas, interpreta respuestas del estudiante, para organizarlas y pasarlas al sistema de tutoría.

La *figura 3.3*, muestra la manera en que un sistema experto tipo tutorial, primero el usuario interactúa con el sistema experto, durante esta etapa el sistema explica la temática y brinda apoyos que ayudan a mejorar la transmisión del conocimiento, estos apoyos y expertiz acerca del tema se encuentran en una base de conocimientos, la cual se debe ir actualizando conforme avanza la ciencia y el conocimiento del tema en cuestión, por último al terminar el tutorial el usuario contará con cierto nivel de expertiz acerca del tema en cuestión, por lo tanto se cumple la función de enseñar del sistema experto.

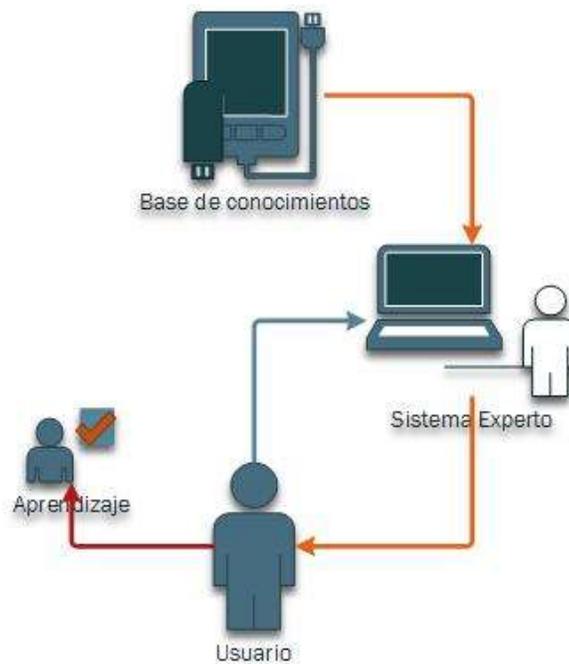


Figura 3.3. Funcionamiento de un sistema experto tipo tutorial

Capítulo 4: Análisis y diseño del sistema

4.1 Análisis

El objetivo principal de este sistema experto tipo tutorial, es enseñar al usuario una metodología para el diseño pero con un enfoque de sustentabilidad, para esto se debe diseñar un programa el cual presente de manera explicativa una metodología de diseño, la cual vaya siendo complementada con reglas de diseño sustentable y que a su vez tenga relación con el ciclo de vida de un producto, como se muestra en la *figura 4.1*.

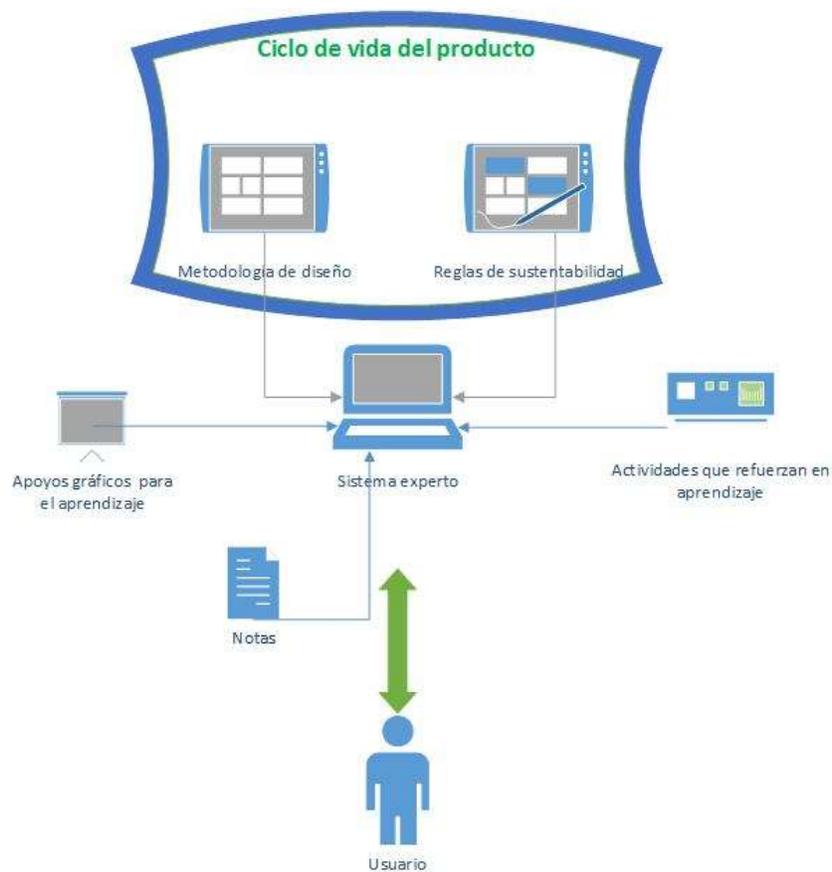


Figura 4.1. Elementos del sistema experto

Con el objetivo de lograr un aprendizaje más completo e intentar resolver la mayor parte de dudas que se puedan generar durante el funcionamiento y uso del sistema se cuenta con:

- Apoyos gráficos. Estos apoyos son imágenes, gráficas y diversos tipos de materiales que ayudan a comprender de mejor manera cada tema.

- Notas. Las notas son en parte un resumen de lo que se pretende explicar en cada fase y en cada etapa del proceso de diseño, las cuales también incluyen algunos tópicos extras que ayudan a comprender mejor el tema.
- Actividades. Las actividades planteadas en el sistema ayudan a que mientras se está aprendiendo a diseñar un producto con un enfoque sustentable, también se pueda ir desarrollando este a la par que se aprende.

La forma en que trabaja el programa será, como se muestra en la *figura 4.2*, es:

1. El usuario entra al programa.
2. Ve en primera instancia una serie de conceptos que ayudan a entender el programa.
Analiza y aprende estos conceptos para poder continuar y comprender mejor la metodología de desarrollo de un producto.
3. Después el usuario debe acceder a la metodología de desarrollo de un producto, el cual se verán las diversas fases de la metodología.
4. En este punto el usuario analiza y aprende una a una la fase de la metodología.
Cuando termine una fase podrá ejecutar el Sistema Experto referente a la fase en que se encuentra.
5. Al ejecutar el sistema experto este arrojará como resultado una serie de reglas para hacer que el diseño sea más sustentable.
Queda en el usuario el grado de mejora del diseño. Si se estudiaron todas las fases se pasa al punto 6 si no se regresa al punto 5.
6. Si el usuario está conforme con el diseño se finaliza el proceso, en caso contrario se regresa al punto 5.

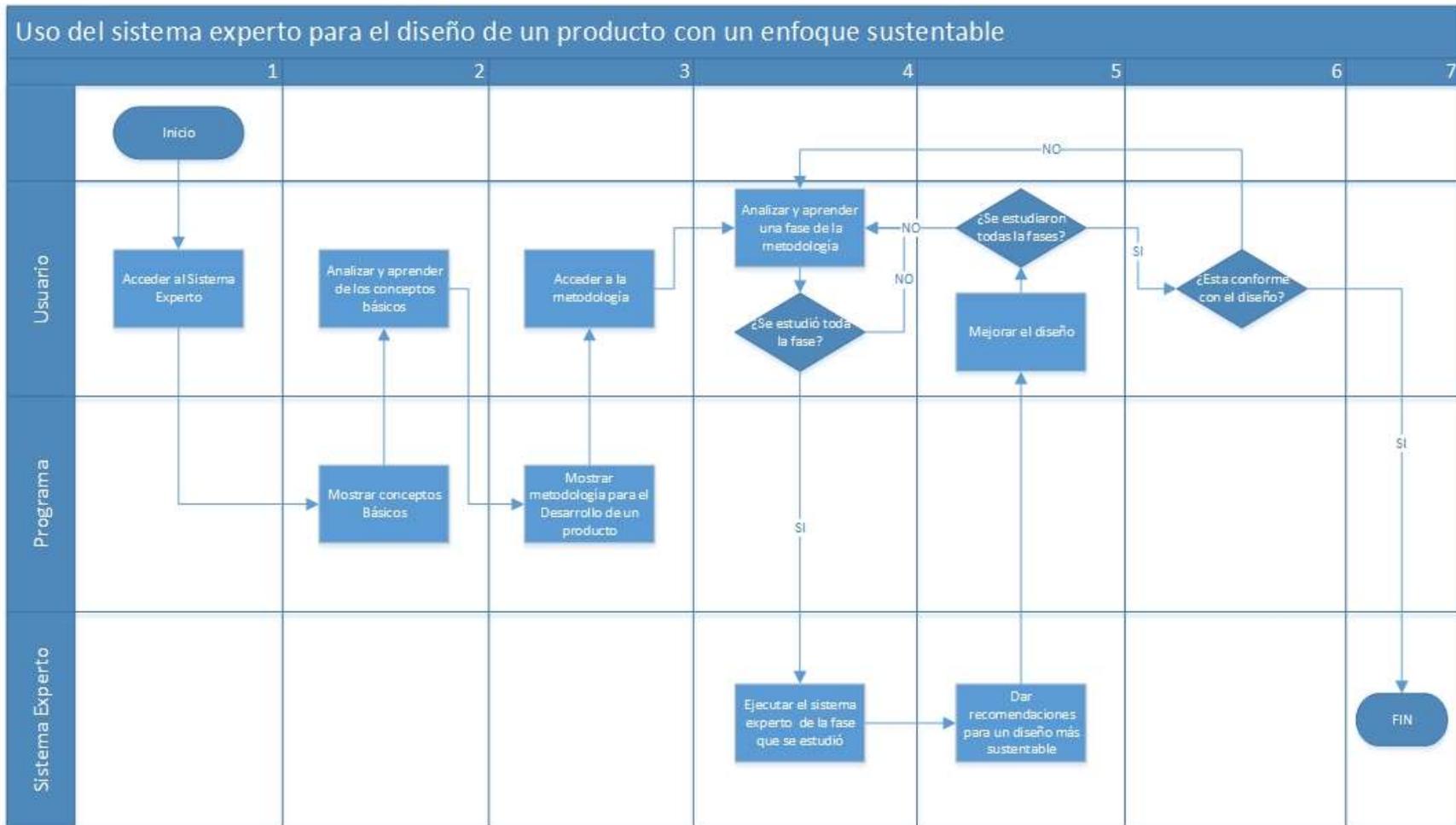


Figura 4.2. Proceso de uso del sistema experto para el diseño de un producto con un enfoque sustentable

4.2 Alcances, estructura y características de operación

Para cumplir los objetivos, se debe delimitar los alcances que tendrá el sistema experto, estos alcances son:

1. Puesto que el usuario puede diseñar cualquier tipo de producto, las guías que el sistema experto debe brindar, deben ser lo más generales para poder abarcar y ser de utilidad a la gran gama de diseños de producto que se puedan desarrollar. Por lo tanto las entradas del sistema deben ser una serie de preguntas sencillas y generales.
2. El prototipo del programa estará enfocado más en el contenido y en la información que sea útil para el usuario, la estética y tipografía pasarán a un segundo plano el cual se irá mejorando con cada versión del sistema.
3. La programación del programa es en primera instancia básica para este prototipo, debido a las limitantes que hay con respecto a programar en NetBeans y Java.

Ahora con los alcances definidos, se procede a estructurar el sistema, el cual estará basado en los objetivos y el alcance del programa. La forma en que aparecerán dentro del programa se muestra en la *figura 4.3* y la estructura es la siguiente:

- Inicio
- Introducción
- Instrucciones
- Módulos del proceso de diseño
- Apoyos gráficos y notas
- Actividades
- Sistema experto para cada módulo del proceso de diseño

Considerando lo anterior y que el usuario objetivo son tanto estudiantes como emprendedores que quieren desarrollar un producto con un enfoque sustentable, entonces las características de operación deben ser:

1. Secuencia sencilla para guiar al usuario entre cada módulo
2. Las preguntas que activen las reglas del diseño sustentable deben ser generales y sencillas para que puedan abarcar cualquier tipo de diseño que el usuario esté planteando.
3. Las actividades que debe realizar el usuario deben ser fáciles de entender y útiles para el desarrollo del producto
4. El modo en el que se debe usar el programa debe ser en ambas direcciones, es decir, que el usuario pueda avanzar y retroceder sin problemas y sin que se confunda.

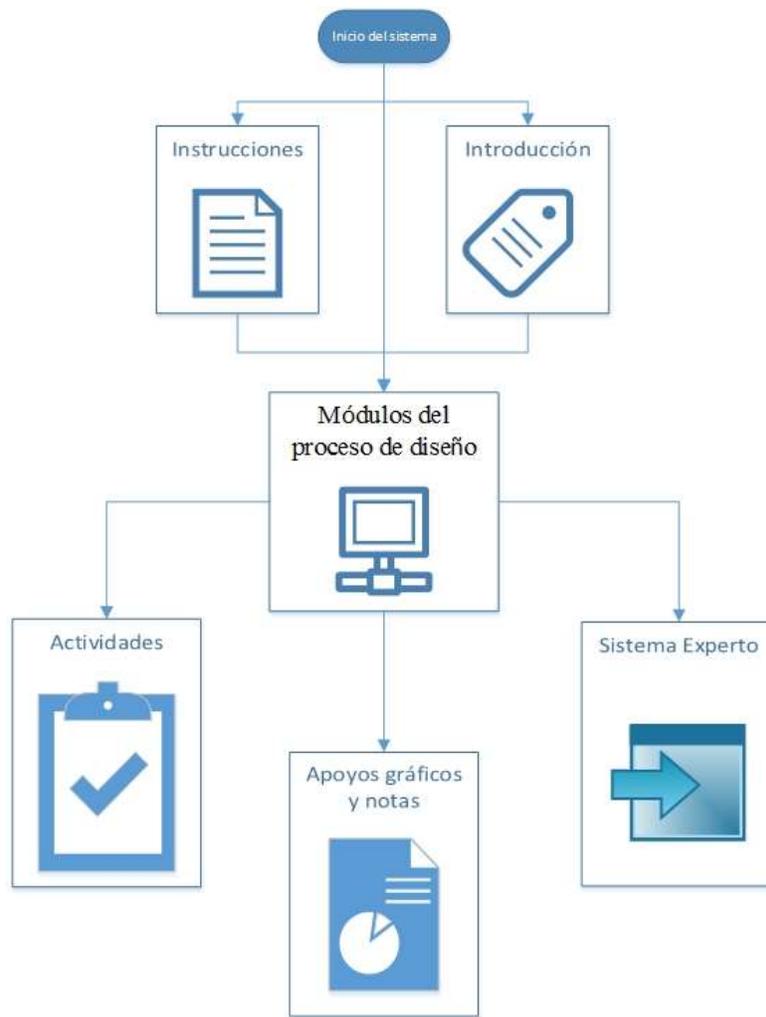


Figura 4.3. Elementos del programa

4.3 Metodología de investigación

Para desarrollar el sistema experto la metodología que se desarrolló fue la siguiente:

1. Búsqueda de información de metodologías de diseño. Dentro de la investigación de las metodologías ya existentes de diseño, se seleccionó la Metodología de Ulrich, ya que ésta metodología considera el desarrollo de productos en el cual la variable más importante para esto es el cliente, y es una de las metodologías “recientes” para el desarrollo de productos.
2. Búsqueda de información de diseño sustentable. Dentro de la bibliografía investigada, se encuentran varias obras que tratan a fondo este tema y explican la importancia de diseñar productos con un enfoque sustentable, y ciertas reglas o guías a considerar para el

desarrollo de un producto, esto es importante ya que estas reglas son de gran utilidad para el sistema experto arroje un resultado que sirva a quien está diseñando su producto.

3. Búsqueda de información de sistemas basados en el conocimiento. Puesto que es un área nueva dentro del campo de la inteligencia artificial, gran parte de la información de los sistemas basados en el conocimiento se encuentra en artículos, de los cuales se obtuvo una metodología para su desarrollo. Ésta metodología para el desarrollo de sistemas expertos fue adaptada para el desarrollo del propio sistema, con algunas modificaciones que lo hicieran más adecuado al tipo de sistema que se realizó.
4. Búsqueda de información de sistemas tipo tutorial. Esta variante de los sistemas expertos es utilizada principalmente como medio de enseñanza. Para estos sistemas se divide en módulos que ayudan a que el aprendizaje se realice de la mejor manera, al ser el sistema un prototipo se redujo la cantidad de módulos y el alcance de estos, a un sistema más adaptado a los recursos disponibles, pero sin desviar el objetivo de enseñar al usuario como desarrollar su producto con un enfoque sustentable.
5. Análisis, selección de información y delimitación del sistema experto. La información que se obtuvo de la metodología de diseño de Ulrich, forma el esqueleto del sistema, ya que ésta es la metodología seleccionada en la cual se basará éste prototipo de sistema experto para que el usuario comience el proceso de diseño y conforme vaya avanzando en el desarrollo del producto se irán activando los pequeños módulos que le ayudaran a tener ciertas consideraciones de sustentabilidad. Posteriormente la información que forma las reglas de diseño son los más generales, puesto que como cada producto puede tener un enfoque diferente pueden que ciertas reglas no apliquen a todos los casos, entonces con reglas generales de sustentabilidad se podrán abarcar un mayor número de casos. Las limitaciones del sistema experto son, en primer lugar solo se tomó una metodología de diseño en particular dentro de todo el universo de metodologías, después dentro de las reglas de sustentabilidad, es difícil utilizar parámetros, de sustentabilidad puesto que cada producto requerirá indicadores diferentes y el realizar un sistema experto que se enfoque a solo cierto tipo de productos le quita en gran medida su potencial de aplicación.
6. Selección de Shell y lenguaje de programación. El Shell seleccionado fue CLIPS por las características que presenta y el lenguaje de programación empleado es Java, éstos se explicaran en el *capítulo 6*.
7. Reglas del sistema experto. Para éste tipo de sistema, las reglas de programación para que se fueran más generales, se hicieron lo más simple que se pudo, por tanto se redujeron a una serie de interrogativas que al final muestran una serie de reglas o guías para el diseño sustentable, de acuerdo a las respuestas descarta ciertas reglas que no resulten de gran utilidad.
8. Desarrollo del sistema experto. Sobre una metodología de desarrollo de un producto (metodología de diseño de Ulrich) se agregaron las reglas para el diseño sustentable,

considerando su importancia dentro del ciclo de vida del producto y la parte de la metodología en la que es de mayor conveniencia para el diseño de un producto sustentable. Aunado a esto a modo de hacer el sistema tipo tutorial se agregó

1. . El desarrollo del sistema fue en la plataforma de programación de *NetBeans* plataforma que permite la integración de *CLIPS*. *Esto debido a que CLIPS tiene una interfaz poco amigable con el usuario y para poder hacerlo más interactivo y al mismo modo más amigable se usó NetBeans.*

4.4 Diseño de la estructura del sistema experto

El sistema tipo tutorial funcionará como ayuda para el desarrollo del producto, basado en la metodología de Ulrich y conforme se avance en el proceso aparecerán pequeños módulos que contendrán la reglas para el enfoque sustentable en los productos.



Figura 4.3 Elementos clave del sistema experto

4.4.1 Reglas para el diseño sustentable

Éstas reglas fueron obtenidas de varios artículos y de autores que ya presentan las guías para el diseño sustentable, pero como parte de una metodología de diseño no se encuentran, por tanto el integrar lo ya encontrado en la bibliografía aunado con la metodología de diseño y unas reglas de

deducción que activen estas reglas de acuerdo a la etapa de diseño en la que el usuario se encuentre. Es así como entran en función estos elementos importantes para el sistema experto (Ver anexo).

4.4.2 El ciclo de vida del producto

El ciclo de vida de un producto es el conjunto de etapas que recorre un producto (o conjunto interrelacionado de componentes físicos o intangibles) destinado a satisfacer una necesidad desde que éste es creado hasta su fin de vida. Esto resulta en dos interpretaciones para el ciclo de vida de un producto:

Ciclo de vida del producto en los negocios; es el periodo de tiempo que transcurre desde el lanzamiento del producto al mercado hasta su retirada. Durante ese periodo el producto pasa por diversas fases en relación con las tasas de crecimiento de su demanda. Las fases de este ciclo de vida son:

- Fase de introducción o lanzamiento: el producto se distribuye. Las ventas crecen lentamente y los beneficios son prácticamente inexistentes. En el caso de productos nuevos en el mercado los precios suelen ser más altos que en los momentos posteriores. En esta etapa se requiere un esfuerzo importante en forma de inversiones en publicidad. Cuando el producto no es totalmente nuevo, sino que reemplaza a otro o existe ya una marca establecida, esta fase suele ser más corta.
- Crecimiento: Conforme el producto va incursionándose en el mercado, las ventas crecen sustancialmente, lo que atrae a la competencia y su oferta aumenta. El consumo del producto se generaliza en esta etapa, que se caracteriza por:
 - Un crecimiento de la demanda y de los beneficios a ritmo creciente.
 - La aparición de imitadores atraídos por las oportunidades de negocio.
 - Altas inversiones en publicidad y promoción, aunque inferiores en proporción a las ventas respecto a la etapa anterior.
 - Una tendencia a la reducción de precios gracias a la disminución de costos.
 - Una ampliación de la gama de productos por mayor diferenciación de productos.
- Madurez: La mayoría de los consumidores ya han adquirido el producto. La demanda, las ventas y los beneficios se estancan e incluso comienzan a disminuir. Existe un gran número de competidores y, en consecuencia, los precios disminuyen. Además, debido a la fuerte competencia, se producen mejoras en el proceso de producción que reducen los costos y permiten igualmente reducir los precios. Es la fase más larga y puede alargarse llevando a cabo estrategias de mejora del producto o de búsqueda de nuevos usos y nuevos segmentos. Se estabilizan las inversiones en publicidad y promoción.
- Declive: La demanda se reduce y la gente deja de comprar el producto. Las empresas suelen abaratar los restos que quedan en almacén y se concentran en la producción de otros bienes. Algunas empresas se retiran y disminuye la competencia. Aumentan las inversiones en promoción para dar salida al stock de producto.

Ciclo de vida físico del producto; es una secuencia de transformaciones en materiales y energía, que incluyen la extracción y procesamiento de materiales, manufacturación del producto y ensamble, distribución, uso, y recuperación o reciclaje de los materiales del producto.

- Fuente: Adquirir las materias primas, componentes, energía y servicios requeridos para manufacturar el producto.
- Hacer: Manufacturar y/o ensamblar el producto, inspeccionar, embalaje, y almacenaje o preparación del producto para su distribución.
- Entrega: Transporte del producto a través de los canales de distribución hacia almacenes, mayoristas y/o clientes finales.
- Soporte técnico: Proporciona a los clientes o usuarios servicios, que incluyen suministros, reparaciones, reemplazos, mantenimiento, o mejoras.
- Reciclaje: Recuperar productos usados, obsoletos o defectuosos y darle un valor a través de él reuso, renovación o reciclaje.

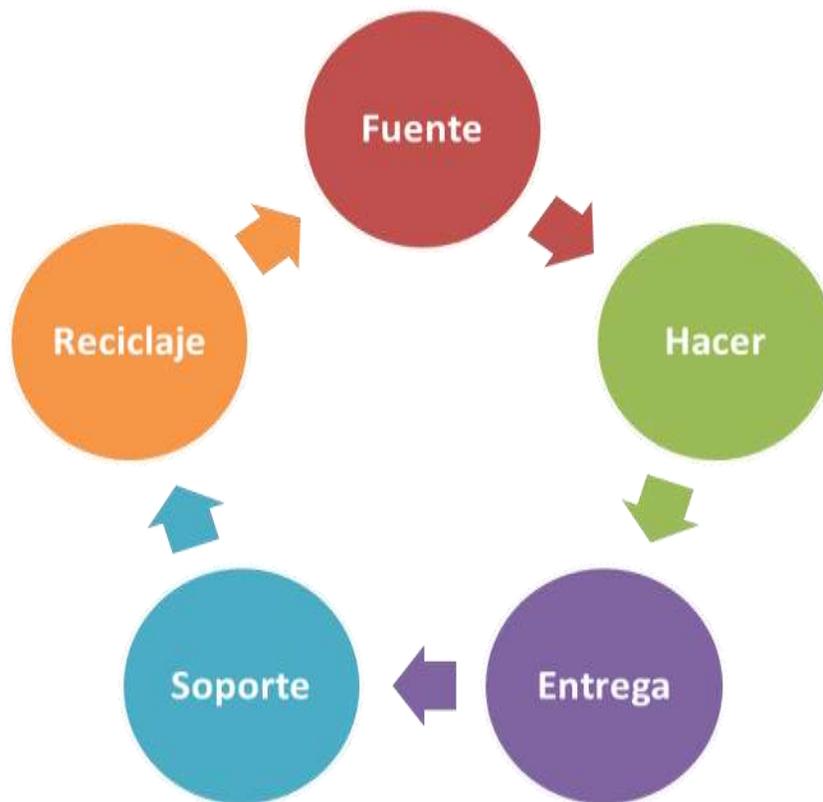


Figura 4.4. Etapas del ciclo de vida física de un producto

4.4.3 Metodología de diseño

El sistema funciona relacionando una metodología de diseño, para este prototipo **la metodología de Ulrich** con una modificación en sus etapas finales, para que considere el ciclo de vida del producto, hasta su disposición final.



Figura 4.5 Proceso genérico de desarrollo del producto

1. *Planeación*: Esta fase es el vínculo con actividades avanzadas de desarrollo en investigación y tecnología. La salida de la fase de planeación es la declaración de la misión del proyecto.

2. *Desarrollo del concepto*: En esta fase se identifican las necesidades del mercado, se desarrollan diversos conceptos y se evalúan, se seleccionan algunos para desarrollo y pruebas.
3. *Diseño a nivel sistema*: Aquí se define la arquitectura de producto y la descomposición del producto en subsistemas y componentes, así como el posible esquema de ensamble final. De esta fase se obtiene un diseño geométrico del producto, especificaciones funcionales de cada subsistema del producto y un diagrama de flujo preliminar del proceso para el ensamble final.
4. *Diseño a detalle*: Esta fase consiste en la especificación completa de la geometría, materiales y tolerancias de las partes únicas del producto y la identificación de las partes estándar del producto. Se establece un plan de proceso y el diseño del herramental que se vaya a requerir para cada pieza a fabricar. De esta fase se obtiene documentación de control del producto, dibujos, archivos de computadora que lo describan, a cada una de sus piezas y su herramental.
5. *Disposición final*: Etapa en la que se controla y monitorea el destino final del producto. Se verifica que el producto impacte de forma mínima en el medio ambiente en el momento de su disposición final.

Capítulo 5: Estructuración del conocimiento

5.1 Adquisición del conocimiento

Este sistema experto tiene el objetivo de apoyar al usuario durante el desarrollo de un producto pero tomando en cuenta la sustentabilidad de este, para esto se tomó como base una metodología de diseño que es la que guía y da forma al producto, ahora para el enfoque sustentable que debe tener el producto, se obtuvieron reglas, guías y principios para el diseño sustentable de diversos autores, es decir la base de datos.

Una vez que se tienen las reglas, guías y principios, se debe identificar como impactan estas a lo largo del ciclo de vida del producto. El ciclo de vida del producto se puede ver en la *figura 4.3*, el cual empieza desde que se obtienen los materiales hasta el fin de su vida útil y pensar en el reciclaje de los materiales o componentes del producto, con base en esto se dividieron todas las reglas, guías y principios del diseño sustentable (ver anexo) y se formaron 8 principales grupos, que se representan en el ciclo de vida del producto. Estos 8 grupos son:

1. Desarrollo de un nuevo concepto
2. Selección de materiales
3. Reducción del uso de materiales
4. Optimización de las técnicas de producción
5. Optimización del sistema de distribución
6. Reducción del impacto durante el uso
7. Optimización de la vida útil
8. Optimización del sistema de fin de vida

Con esta división del ciclo de vida del producto en sus diferentes fases, se fueron distribuyendo los principios, guías y reglas para el diseño sustentable, es decir, cada uno entraba en un grupo diferente, por lo cual se pudo estratificar las reglas, principios y guías de acuerdo al grupo al que influían más. Por ejemplo las reglas 1-18 son:

- *Materiales más limpios*
 - *R1: No use materiales o aditivos prohibidos, debido a su toxicidad*
 - *R2: Evite materiales y aditivos que afectan a la capa de ozono (Cloro, flúor, bromo, metil bromuros y aerosoles, espumas, refrigerantes y solventes que contengan Clorofluocarbonos)*
 - *R3: Evite el uso de hidrocarburos que causan smog en verano*
 - *R4: Alternativas de tratamientos para terminaciones superficiales*
 - *R5: Alternativas para metales no ferrosos, ya que producen emisiones dañinas durante su proceso de producción (cobre, zinc, bronce, cromo y níquel)*
- *Materiales renovables*
 - *R6: Alternativas para materiales escasos o que pueden agotarse*

- *Materiales con menor contenido energético*
 - *R7: Evite el uso de materiales muy intensivos en energía (aluminio)*
 - *R8: Evite materias primas producidas mediante agricultura intensiva*
- *Materiales reciclados*
 - *R9: Use materiales reciclados siempre que sea posible*
 - *R10: Use metales secundarios, en vez de sus equivalentes vírgenes (aluminio y cobre secundario)*
 - *R11: Use plásticos reciclados para las partes interiores de los productos que solo tienen funciones de soporte y no requieren calidad mecánica, higiénica o tolerancia*
 - *R12: Cuando la higiene sea importante, aplicar un laminado, el centro de plástico reciclado, cubierto o rodeado de plástico virgen*
 - *R13: Haga uso de las características únicas de los materiales reciclados (color y textura) en el proceso de diseño*
- *Materiales reciclables*
 - *R14: Use solamente un tipo de material para todo el producto y para los distintos subconjuntos (monomaterial)*
 - *R15: seleccione materiales que sean mutuamente compatibles*
 - *R16: Evite materiales que sean difíciles de separar tales como materiales compuestos, laminados, rellenos, retardantes de llama y refuerzos con fibra de vidrio*
 - *R17: Use preferiblemente materiales reciclables para los cuales ya exista un mercado*
 - *R18: Evite el uso de elementos contaminantes tales como etiquetas autoadhesivas que podría interferir con el reciclado*

Estas reglas entran dentro del grupo 2, que es selección de materiales, que dentro del ciclo de vida, entran en la fase de fuente (ver figura 4.3), estas reglas son complementadas con los principios:

- 4.B.** *Diseño para desintoxicación*
2. *Diseño para reducción de liberaciones*
 - i. *Eliminar las sustancias tóxicas y peligrosas*
 - ii. *Reducir las emisiones de los procesos y los desperdicios*
 - iii. *Reducir del flujo de residuos del ciclo de vida*
 3. *Diseño para reducción de productos peligrosos*
 - i. *Reformular del producto*
 - ii. *Reducir del uso de materiales tóxicos y peligrosos*
 - iii. *Usar tecnologías basadas en agua*
 4. *Diseño para una buena disposición de residuos*
 - i. *Tratamiento y disposición responsable*
 - ii. *Aislar los desperdicios*
 - iii. *Adsorción del ecosistema*

iv. *Productos biodegradables*

4.C. *Diseño para revalorización*

2. *Diseño para el desensamble del producto*

- i. *Diseño simple y sencillo*
- ii. *Secuencia de desensamble*
- iii. *Accesibilidad de componentes*
- iv. *Separabilidad de componentes y materiales*

3. *Diseño para la reciclabilidad*

- i. *Recuperación de materiales en el fin de vida del producto*
- ii. *Reciclado de materiales en circuito cerrado*
- iii. *Composición y homogeneidad de los residuos*
- iv. *Sinergia de los productos y la ecología industrial*

Con esto se formó un árbol de reglas, el cual estaría basado en una autoevaluación el diseño y respondiendo a unas sencillas preguntas. Continuando con el ejemplo anterior, para el grupo de **Selección de Materiales**, las preguntas que se plantean (ver figura 5.1) y el árbol de reglas (ver figura 5.2) son los siguientes:

Selección de Materiales

Para la selección de materiales, estos consideran las siguientes características:

	SI	NO
Materiales limpios	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Materiales renovables	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Materiales reciclados	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Materiales reciclables	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Figura 5.1. Preguntas Selección Materiales

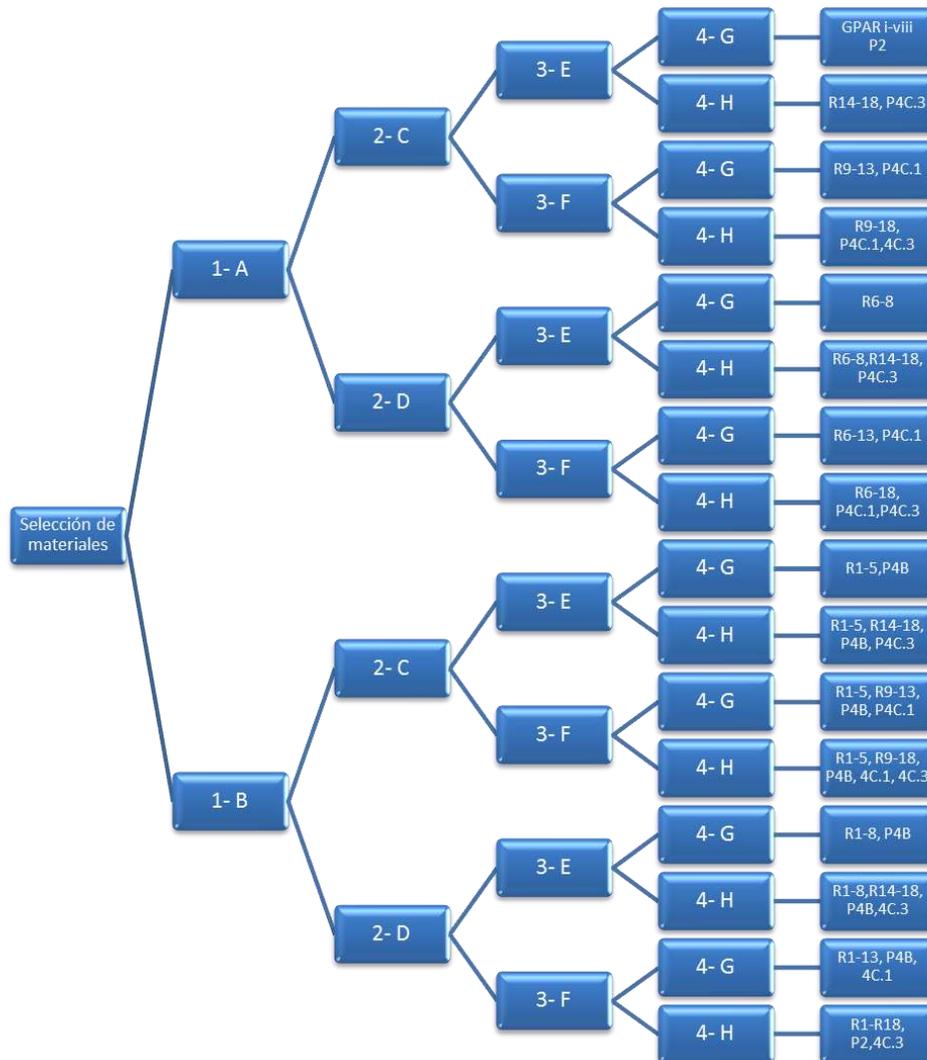


Figura 5.2. Árbol de reglas, Selección de Materiales

El proceso para conformar el árbol de reglas es el siguiente:

1. Determinar las preguntas que activen las reglas.
2. Seleccionar las reglas que se activan en cada respuesta.
3. Estructurar cada rama del árbol de reglas para cada una de los posibles caminos, por ejemplo si el usuario considera que uso materiales limpios (1-A), que no usó materiales renovables (2-D) ni reciclados (3-F) y que sí uso materiales reciclables (4-G), entonces el camino que activa las reglas es:

1A-2D-3F-4G

Que dentro del árbol de reglas, nos dará como recomendaciones para mejorar el diseño a uno más sustentable (Reglas 6-9 y principio 4C2):

- *R6: Alternativas para materiales escasos o que pueden agotarse*
- *R7: Evite el uso de materiales muy intensivos en energía (aluminio)*
- *R8: Evite materias primas producidas mediante agricultura intensiva*
- *R9: Use materiales reciclados siempre que sea posible*
- *R10: Use metales secundarios, en vez de sus equivalentes vírgenes (aluminio y cobre secundario)*
- *R11: Use plásticos reciclados para las partes interiores de los productos que solo tienen funciones de soporte y no requieren calidad mecánica, higiénica o tolerancia*
- *R12: Cuando la higiene sea importante, aplicar un laminado, el centro de plástico reciclado, cubierto o rodeado de plástico virgen*
- *R13: Haga uso de las características únicas de los materiales reciclados (color y textura) en el proceso de diseño*
- *Diseño para revalorización*
 - *Diseño para el desensamble del producto*
 - *Diseño simple y sencillo*
 - *Secuencia de desensamble*
 - *Accesibilidad de componentes*
 - *Separabilidad de componentes y materiales*

5.2 Representación del conocimiento

Así como se estructuró el árbol de reglas para la **Selección de Materiales**, del ejemplo anterior, se estructuraron los árboles de reglas para los demás grupos, que quedaron de la siguiente manera (Ver reglas en el *Anexo*)

Desarrollo de un nuevo concepto

El objetivo de estas reglas es apoyar en el desarrollo de nuevas soluciones para cubrir necesidades específicas.

- **¿El producto pretende cubrir una necesidad con soluciones nuevas?**
 - **A (SI)**
 - **B (NO)**
- **¿Las necesidades del producto se pueden satisfacer con un producto alternativo?**
 - **C(SI)**
 - **D(NO)**

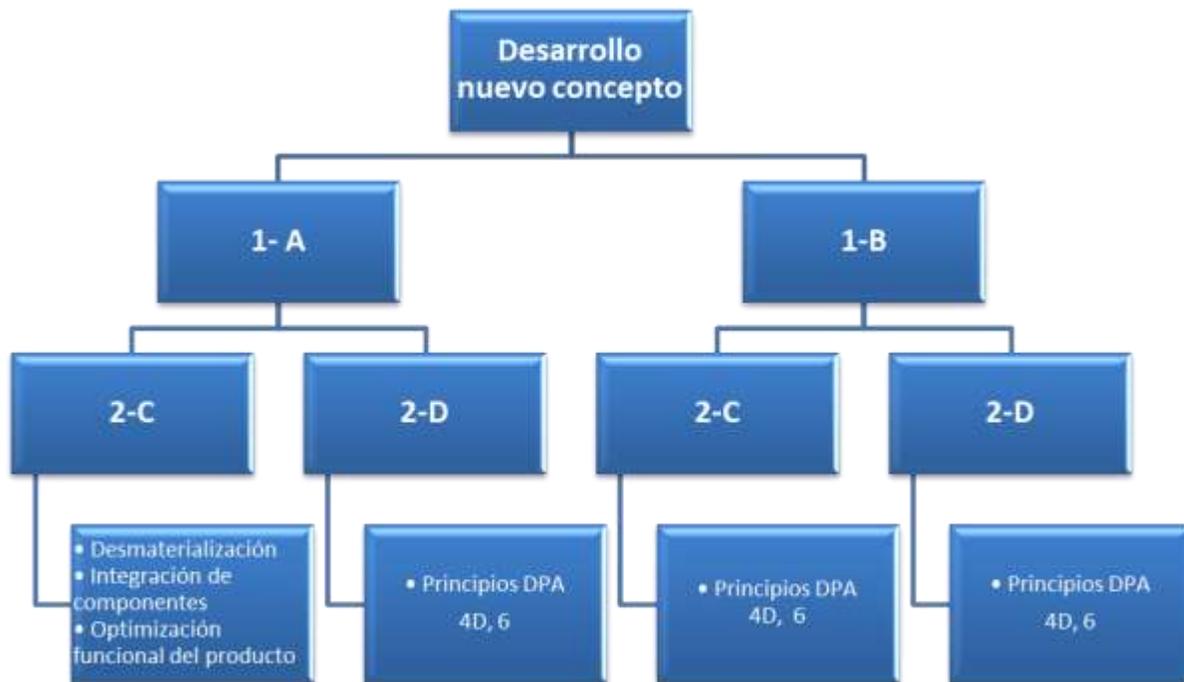


Figura 5.3: Diagrama de reglas para el desarrollo de un nuevo concepto

Estrategia 1. Selección de materiales

El objetivo de esta estrategia es en la selección de materiales y tratamientos empleados a tal grado que estos sean benignos desde un punto de vista ambiental.

- **Materiales limpios**
 - A (SI)
 - B (NO)
- **Materiales renovables**
 - C (SI)
 - D (NO)
- **Materiales reciclados**
 - E (SI)
 - F (NO)
- **Materiales reciclables**
 - G (SI)
 - H (NO)

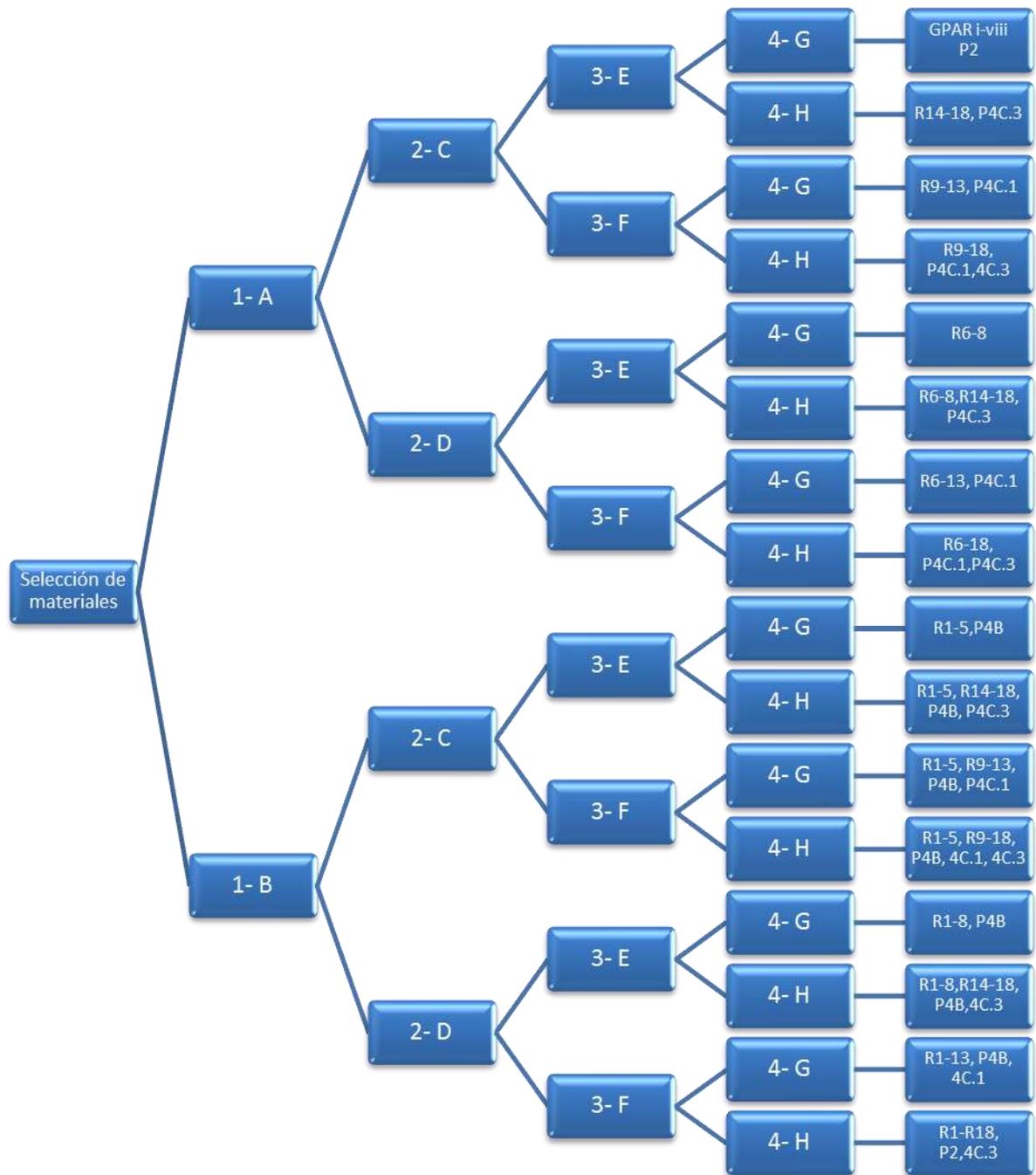


Figura 5.4: Diagrama de reglas para la selección de materiales

Estrategia 2. Reducción en el uso de materiales

El objetivo de reducir el uso de materiales mediante técnicas de diseño que reduzcan el volumen y hagan un producto más ligero.

- **¿El producto está diseñado a modo que se tiene el peso mínimo?**
 - A (SI)
 - B (NO)
- **¿El producto está diseñado a modo que se tiene el volumen mínimo (para el transporte)? (Notas Logística y sistemas)**
 - C(SI)
 - D(NO)

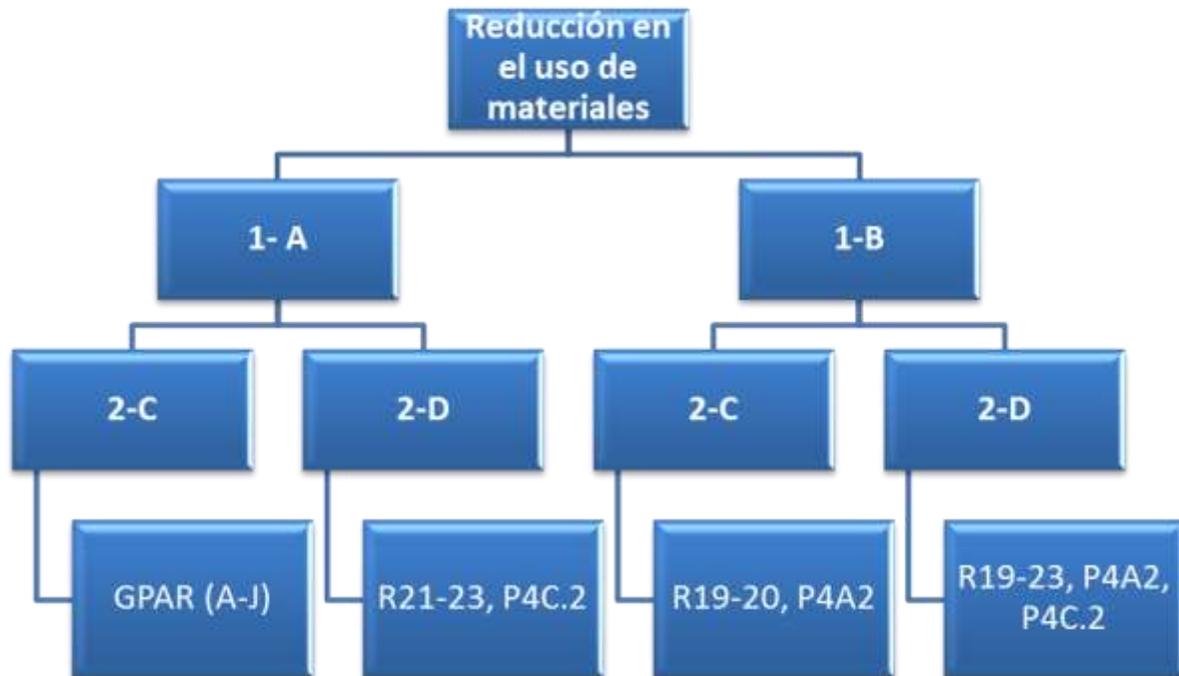


Figura 5.5: Diagrama reglas reducción en el uso de materiales

Estrategia 3. Optimización de las técnicas de producción

El objetivo es una “producción limpia” a través de mejoras en los procesos ambientalmente significativas, estas mejoras se pueden reflejar mediante certificados de la norma ISO 14001, que da un mayor reconocimiento a la empresa.

- Aspectos que se consideran en las técnicas de producción propuestas
 - Técnicas de producción limpias
 - A (SI)
 - B (NO)
 - Número de Pasos en la producción
 - C (SI)
 - D (NO)
 - Consumo energético
 - E (SI)
 - F (NO)

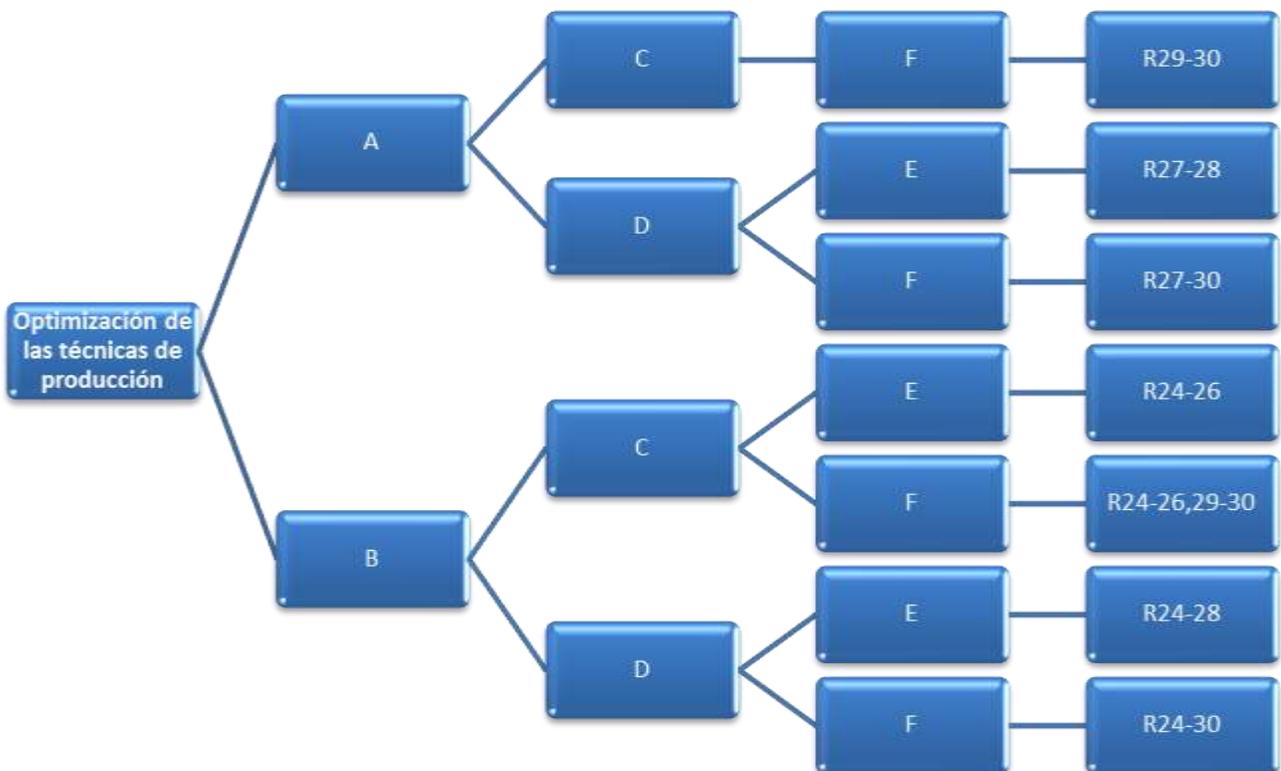


Figura 5.6: Diagrama reglas optimización de las técnicas de producción

Estrategia 4. Optimización del sistema de distribución

El objetivo es tener una logística más eficiente, es decir mejora en el embalaje, modo de transporte.

- **Packaging (reusable/más limpio/genera menos residuos)**
 - A (SI)
 - B (NO)
- **Transporte ambientalmente eficiente**
 - A (SI)
 - B (NO)
- **Logística sustentable**
 - A (SI)
 - B (NO)

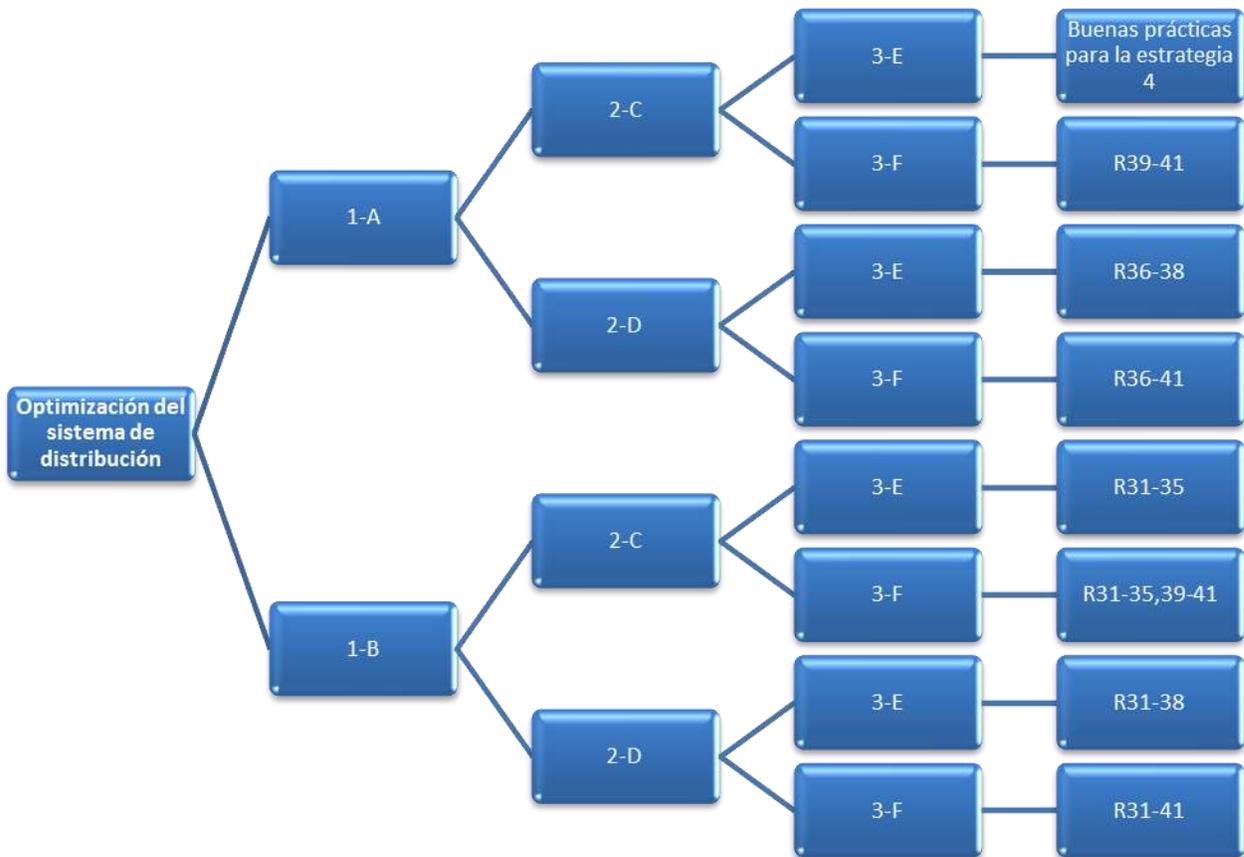


Figura 5.7: Diagrama reglas optimización del sistema de distribución

Estrategia 5. Reducción del impacto durante el uso

El objetivo es que el producto cumpla su función, de tal manera que los usuarios no gasten o desperdicien materiales y que no deban buscar alternativas más eficientes ambientalmente.

- **Consumo energético mínimo**
 - A (SI)
 - B (NO)
- **Fuentes de energía limpias**
 - C (SI)
 - D (NO)
- **Uso mínimo de combustibles**
 - E (SI)
 - F (NO)
- **Pérdidas energéticas, consumibles limpios y eficientes**
 - G (SI)
 - H (NO)

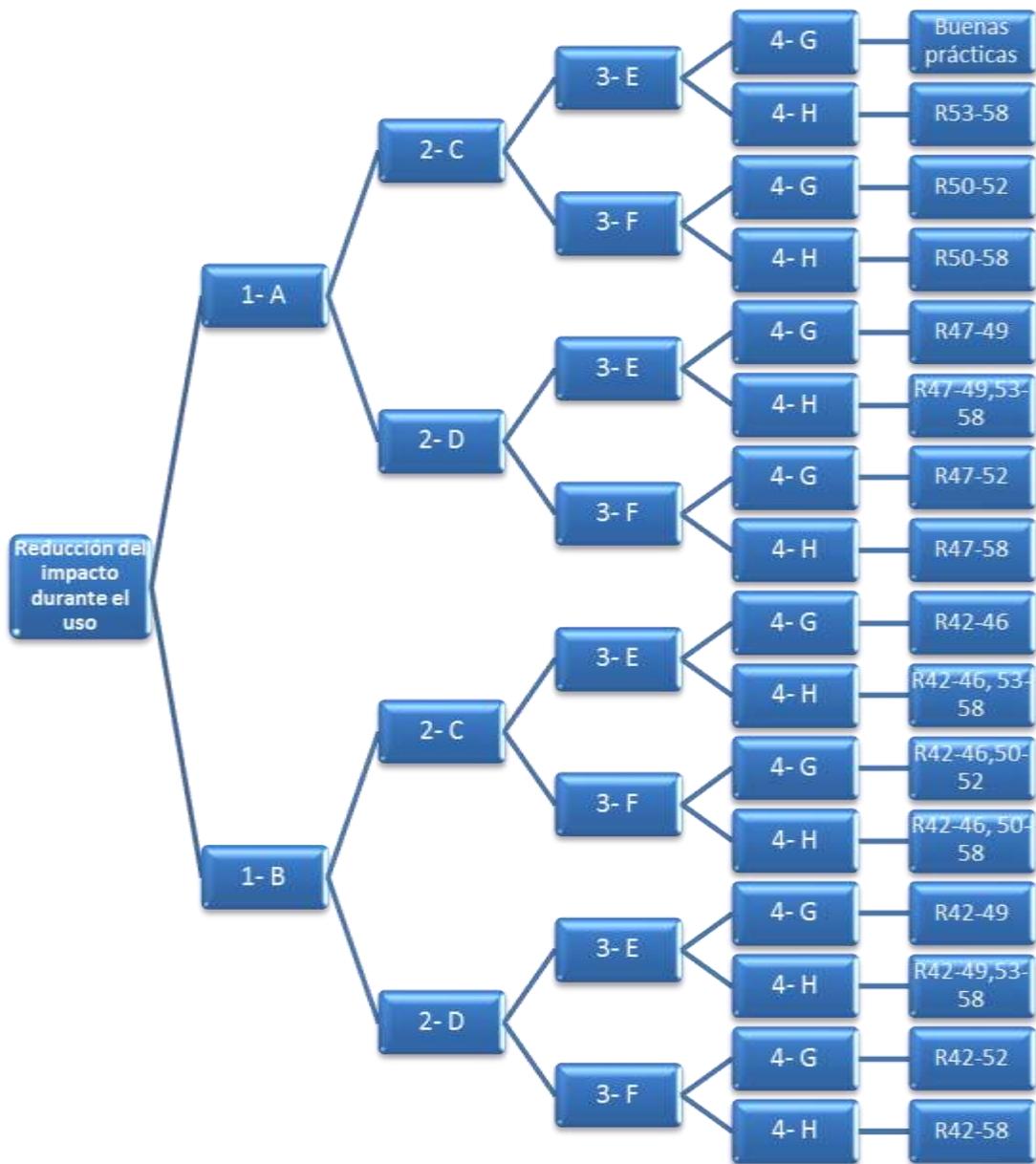


Figura 5.8: Diagrama reglas reducción del impacto durante el uso.

Estrategia 6. Optimización de la vida útil

El objetivo es extender la vida útil técnica (el tiempo en que el producto funciona bien), la vida útil estética (el tiempo en el que el usuario encuentra al producto atractivo) y la vida útil inicial del producto a modo que pueda ser usado tanto como sea posible.

- **Mantenimiento y reparación fáciles de llevar acabo**
 - **A (SI)**
 - **B (NO)**
- **El producto tiene una estructura modular**
 - **C (SI)**
 - **D (NO)**
- **Fuerte relación usuario-producto**
 - **E (SI)**
 - **F (NO)**

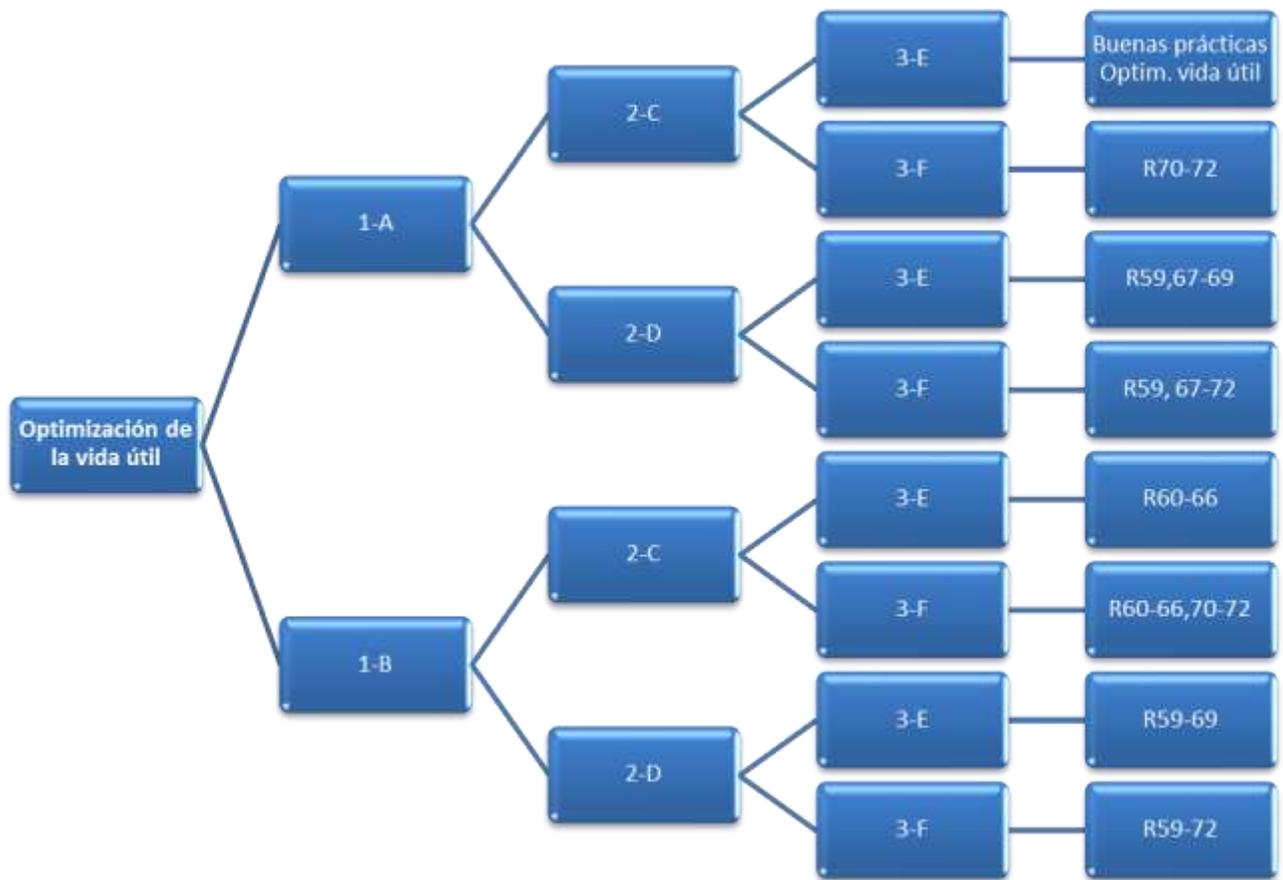


Figura 5.9: Diagrama reglas optimización de la vida útil.

Estrategia 7. Optimización del sistema de fin de vida

El objetivo es poder reusar componentes valiosos del producto y asegurar la adecuada gestión de residuos.

- **Reuso del producto**
 - A (SI)
 - B (NO)
- **Prefabricación restauración del producto**
 - C (SI)
 - D (NO)
- **Reciclado de materiales**
 - E (SI)
 - F (NO)

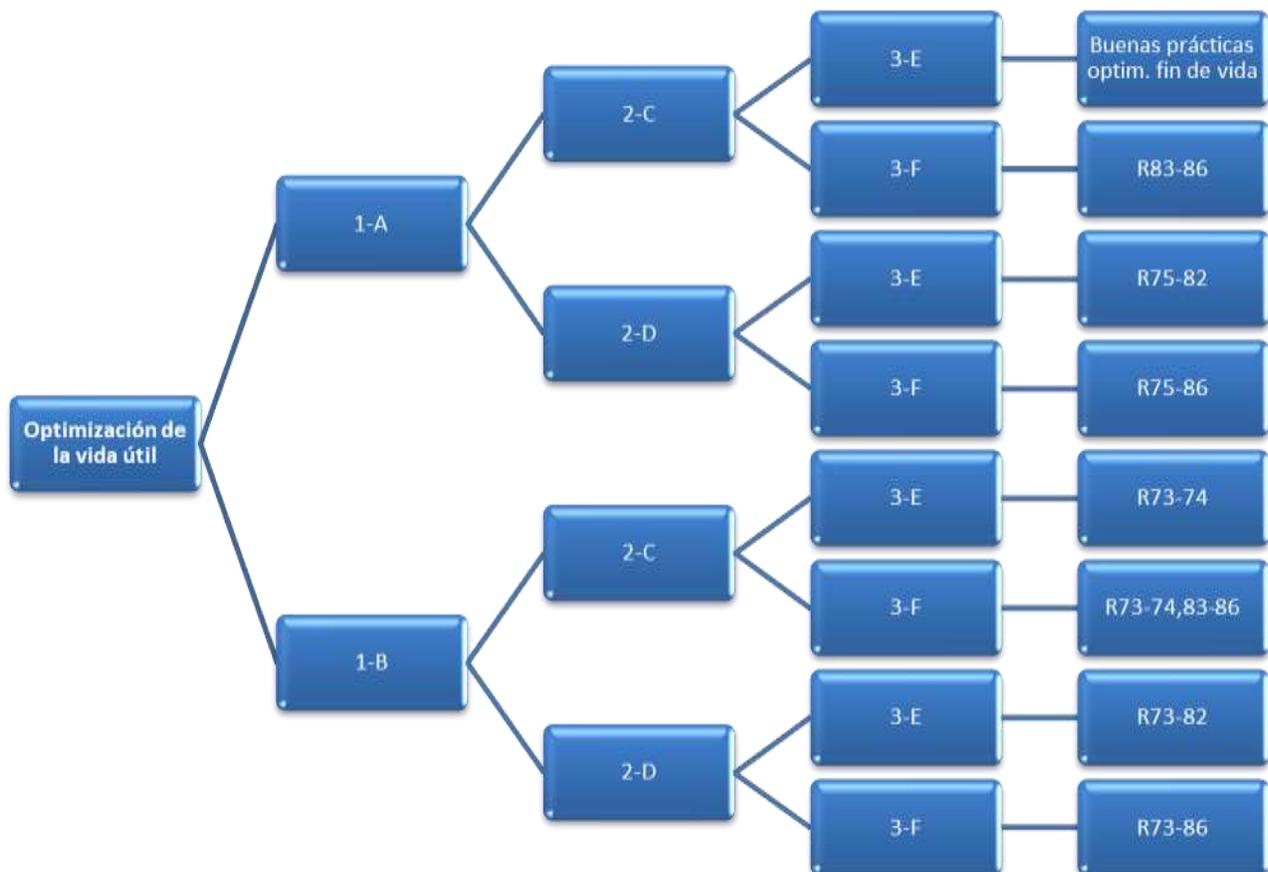


Figura 5.10: Diagrama reglas optimización del sistema de fin de vida.

Capítulo 6: Desarrollo del sistema

6.1 Selección del Shell y del ambiente de desarrollo

El Shell, que es la herramienta que realiza la actividad de resolución de los problemas, por lo tanto es fundamental para el éxito del sistema. Por esto algunas variables fundamentales para la selección del Shell fueron:

- Características de programación para un sistema experto
- Capacidad de creación de reglas aceptadas por el Shell
- Compatibilidad del Shell con sistemas de programación de ambiente gráfico
- Precedentes de la aplicación del Shell en sistemas expertos
- Costos, disponibilidad y asequibilidad

Dentro de los Shells encontrados y sus características están:

- **CLIPS 6.3.** Plataforma en C++ sin complemento gráfico de interacción. Compatibilidad con sistemas de ambiente gráfico tales como Visual Basic y Netbeans. Número de reglas y variables ilimitado. Licencia libre para uso académico sin límite de tiempo.
- **Visual Rule Studio.** Plataforma en Win Prolog sin complemento gráfico de interacción. Ambiente gráfico amigable. Número limitado de reglas y variables. Sin precedentes de aplicación en proyectos académicos. Costo elevado de la licencia.
- **Jess expert system Shell:** Plataforma en java con complementos gráficos de interacción en eclipse. Compatibilidad con sistemas de desarrollo de ambiente gráfico. Exitosa experiencia en la aplicación para sistemas expertos previa. Número limitado de reglas, esto según el tipo de licencia disponible. El costo para la licencia de tipo académico temporal es elevado.

Dentro de estas opciones, la que mayor facilidad y asequibilidad presento, fue CLIPS 6.3, principalmente al ser un software con licencia libre, su compatibilidad con sistemas de ambiente gráfico y el uso ilimitado de reglas. A pesar de que no tiene complementos por si misma esta herramienta al completarla con Netbeans hace más funcional y completa.

Otro factor para la selección de esta herramienta fue la experiencia previa de compañeros que hicieron su sistema experto con CLIPS y Netbeans con excelentes resultados.

6.2 Construcción del sistema

El sistema se construyó basándose en una estructura general, la cual consiste en:

- Introducción
- Conceptos generales
- Metodología de diseño
- Breve explicación de cada etapa de diseño
- Instrucciones de uso del sistema experto
- Sistema experto

Cabe aclarar que este sistema es un prototipo Beta, el cual no presenta alguna tipografía en específico y no está muy enfocado al diseño gráfico de este.

Pantalla introducción

La *figura 6.1*, muestra la pantalla de introducción la cual cuenta da una breve explicación de los que consistirá el sistema experto y el objetivo que se pretende con el mismo. También esta pantalla enlaza con 2 tópicos importantes que se deben conocer antes de empezar con la metodología de diseño y usar la herramienta del sistema experto.



Figura 6.1. Introducción al sistema.

El primer tópico es el de *Características para el desarrollo exitoso de un producto*, el cual habla de la importancia que tiene desarrollar un bien producto y el impacto que tiene para la empresa, ver *figura 6.2*.



Figura 6.2. Pantalla Características para el desarrollo exitoso de un producto

El segundo tópico habla acerca del *Ciclo de vida del producto*, el cual es importante saber ya que todos los productos presentan este ciclo y para diseñar un buen producto hay que estar preparados para cada fase y evitar el decaimiento o la muerte del producto, *ver figura 6.3*.



Figura 6.3. Pantalla Ciclo de vida del producto

Pantalla fases de la Metodología de diseño

Esta pantalla presenta la metodología para el desarrollo de un producto, a partir de aquí se puede acceder a cualquiera de las fases, se presenta toda la metodología en una sola pantalla, porque, debido a que este prototipo no cuenta con una función de guardado, el cual permita la usuario pausar y continuar en el punto en el que se quedó, facilita acceder a algún módulo en específico sin necesidad de recorrer todos los pasos que se hallan hecho previamente para llegar a determinado punto. También esta forma de presentar la metodología ayuda a poder acceder a cualquier módulo el cuál se quiera repasar o ver un punto en específico, lo que facilita a resolver dudas y/o a mejorar el diseño del producto.

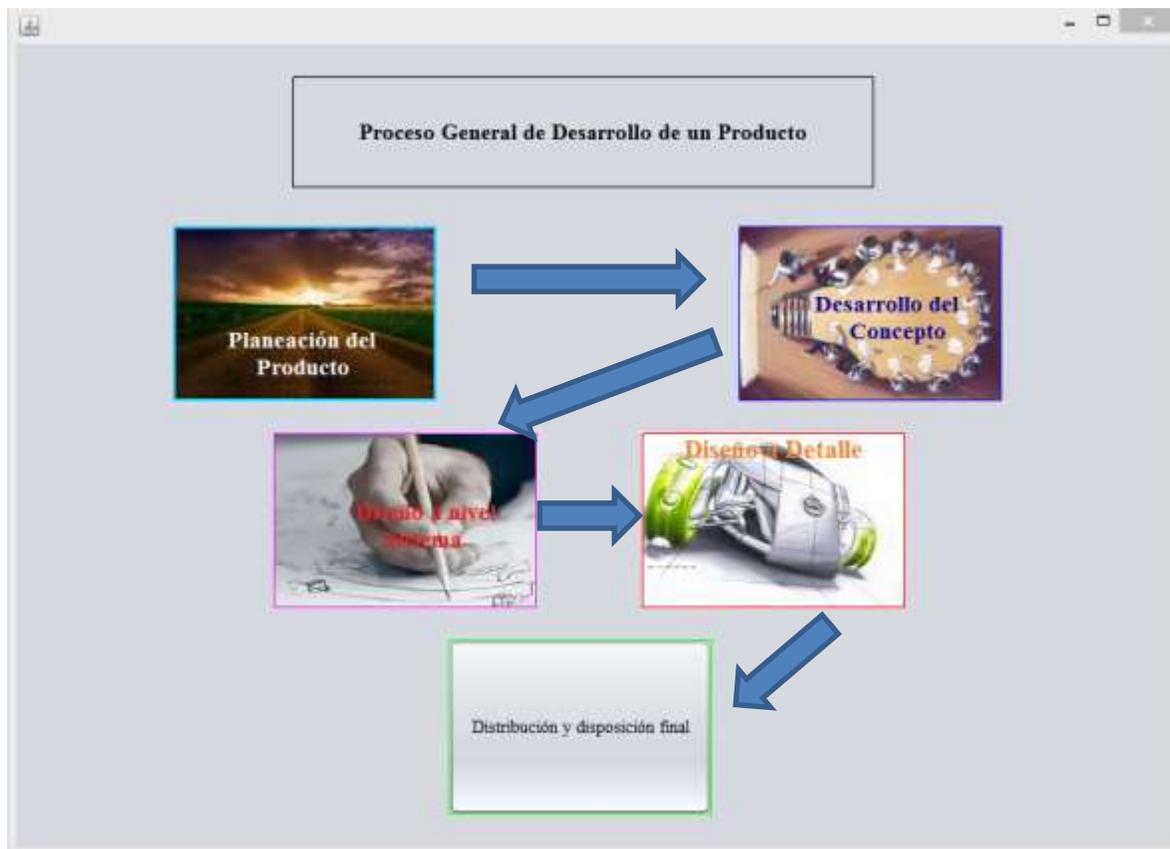


Figura 6.4 Pantalla del Proceso General de Desarrollo de un Producto.

Pantallas explicativas de cada fase del PGDP

Estas pantallas aparecen cada vez que se accede a una nueva fase del PGDP, la *figura 6.5*, es un ejemplo de estas, la cual da una introducción a la fase y presenta un índice de los contenidos que se abordarán. El objetivo de este tipo de ventanas es brindar una visión general y los objetivos particulares que se pretenden alcanzar en cada fase.

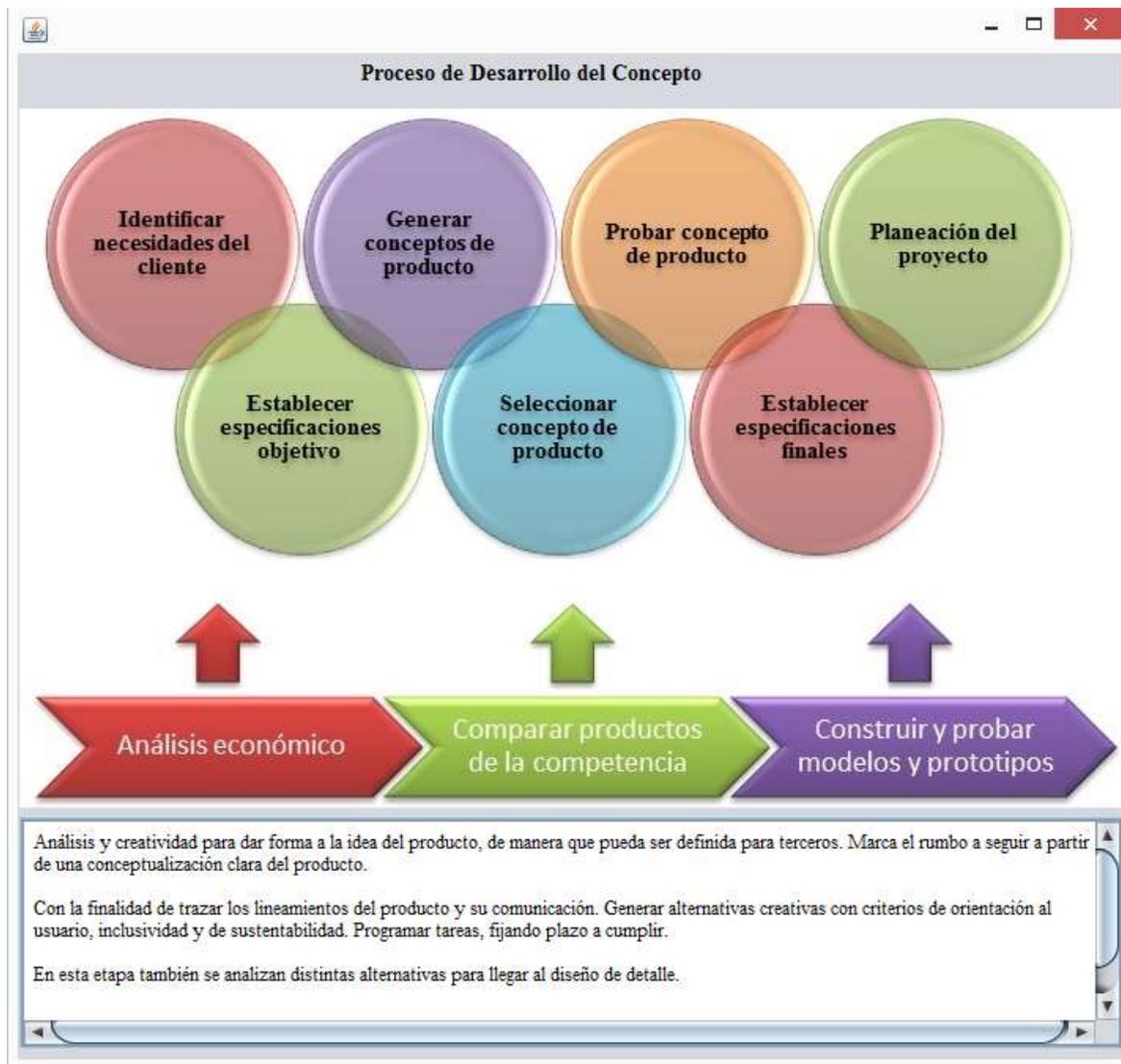


Figura 6.5. Ejemplo Pantallas explicativas de cada fase del PGDP

Pantalla principal de cada fase

Este tipo de pantalla se presenta cada vez que accedes a una fase de la metodología de diseño, te guían a través de cada fase, y muestran los pasos que se deben realizar para cumplir el objetivo del módulo. La función de esta pantalla es de índice para el proceso de cada fase, poder acceder de forma sencilla al paso de interés, y poder revisar lo que se vio con facilidad. La razón de utilizar este tipo de pantallas es que se pueda ir navegando a través de las estas con facilidad hasta acceder al punto deseado. Un ejemplo de la estructura de este tipo de pantallas se puede ver en la *figura 6.6*. Por último, estas pantallas presentan también un acceso al SE, es decir, a través del botón “*Enfoque sustentable del Producto*”, se accede al módulo del SE el cual ayuda a valorar y mejorar el diseño, pero en relación con la sustentabilidad.



Figura 6.6. Ejemplo Pantallas principal de cada fase

Pantalla de proceso

Las pantallas de proceso se aparecen cada vez que se accede a alguna etapa de cada fase, por ejemplo en la figura 6.6, se puede observar el proceso correspondiente a la fase de “Establecimiento de la arquitectura del producto” entonces, si accedemos al alguna etapa de este proceso tendremos pantallas como las de la figura 6.7, que explican cómo se desarrolla esta etapa del proceso, presentan apoyos visuales, gráficas o tablas, te llevan a realizar alguna actividad y notas explicativas. Las pantallas varían en contenido y forma, por lo tanto no todas tienen los mismos elementos. La figura 6.7 es una pantalla que presenta todos los elementos

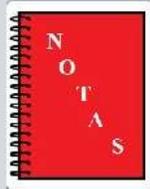
mencionados anteriormente. Estas pantallas tienen esta estructura, con el objetivo que la metodología del producto sea lo más fácil de entender.

Evaluar y dar prioridad a proyectos

Este paso del proceso de Planeación sirve tener en cuenta cuatro perspectivas básicas:

- Estrategia competitiva
- Trayectorias tecnológicas
- Segmentación de mercados
- Plataformas de productos [Ver Notas]

Habiendo comprendido estas perspectivas, para evaluar que ideas son las más prometedoras, se empleará una matriz de selección, como la que se ve a continuación. La forma en como se llena esta tabla se explica dentro de las Notas.



MATRIZ DE SELECCIÓN

Criterios de Evaluación	Oportunidades de productos					
	A	B	C	D	E	F
1	4	3	1	3	2	2
2	5	3	5	2	3	5
3	2	1	2	3	4	3
4	3	3	4	3	3	1
5	4	1	4	2	1	4
6	1	2	3	2	5	5
7	4	2	5	4	5	5
8	1	4	1	3	5	3
9	5	3	4	1	4	3
10	4	4	4	2	1	5
Evaluación neta	33	26	33	25	33	36
Lugar	2	5	2	6	2	1



Para distinguir entre los conceptos que compiten se recomienda usar una escala de 1 a 5. Dónde:

- 1-“Mucho peor que la referencia”
- 2-“Peor que la referencia”
- 3-“Igual a la referencia”
- 4-“Mejor que la referencia”
- 5-“Mucho mejor que la referencia”.

Figura 6.7. Ejemplo pantalla proceso.

Pantalla acceso al módulo SE para el diseño sustentable.

Estas se encuentran en cada pantalla principal de cada fase, contiene el acceso al SE, el objetivo de esta pantalla es, en primer lugar dar las instrucciones acerca de cómo se utiliza el SE, en segundo lugar es un índice de los módulos que tenga determinada fase, debido a que una fase puede tener 1 o más módulos de SE como se muestra en la *figura 6.8*, que es un ejemplo de este tipo de pantallas, se puede apreciar que tiene 2 módulos el de “Reducción del uso de materiales” y el de “Optimización de la vida útil”.

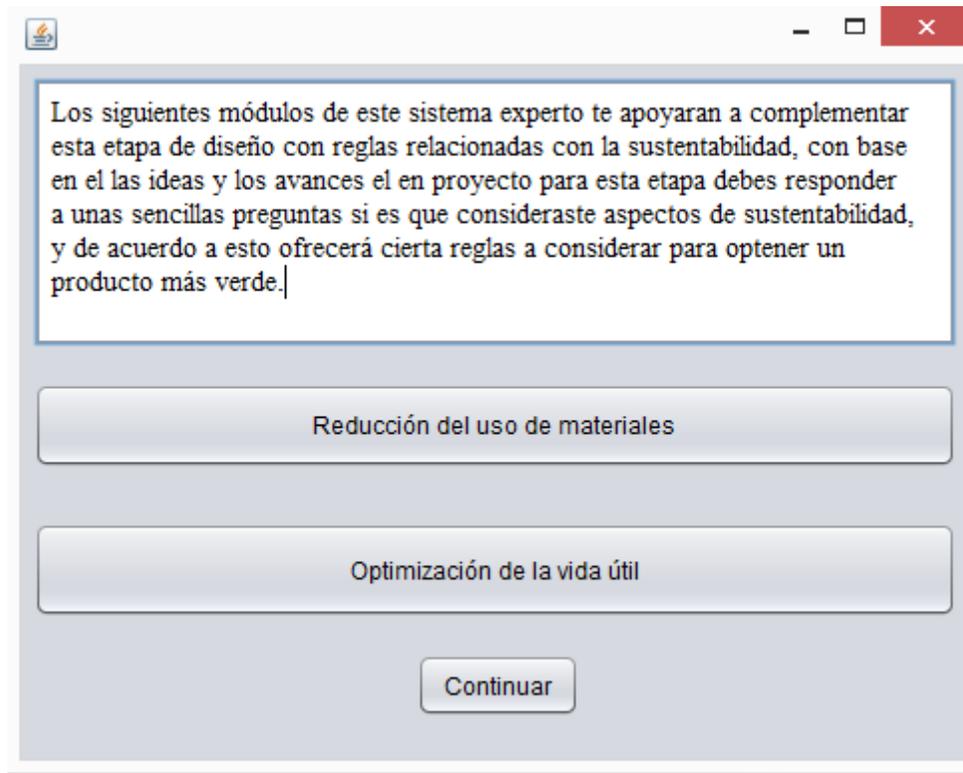


Figura 6.8. Ejemplo pantalla acceso al módulo SE para el diseño sustentable.

Pantalla del módulo SE para el diseño sustentable.

Para utilizar de la manera más eficiente el módulo del SE, se debe haber concluido todos los procesos de determinada fase y presentar el debido avance con respecto al diseño, por ejemplo la *figura 6.9* es el módulo del SE para la reducción del impacto durante el uso, para llegar aquí se debe haber terminado la fase de “*Diseño a detalle*” ver *figura 6.4*, esto es necesario ya que uno de los primeros elementos que aparecen en los módulos SE es una pregunta que invita a reflexionar sobre qué tan sustentable se hizo el diseño del producto, después se llena un formulario con base en la autoevaluación ver *figura 6.9* y por último el sistema nos da las recomendaciones para mejorar el diseño a modo que sea los más sustentable que se pueda, un ejemplo de cómo se muestran en el programa estas recomendaciones se puede apreciar en la *figura 6.10*

Reducción del impacto durante el uso

¿El producto cumple las siguientes características durante el uso?:

	SI	NO
Consumo energético mínimo	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Fuentes de energía limpias	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Uso mínimo de combustibles	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Pérdidas energéticas, consumibles limpios y eficientes	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

Continuar *Recomendaciones*

Figura 6.9. Ejemplo pantalla módulo SE.

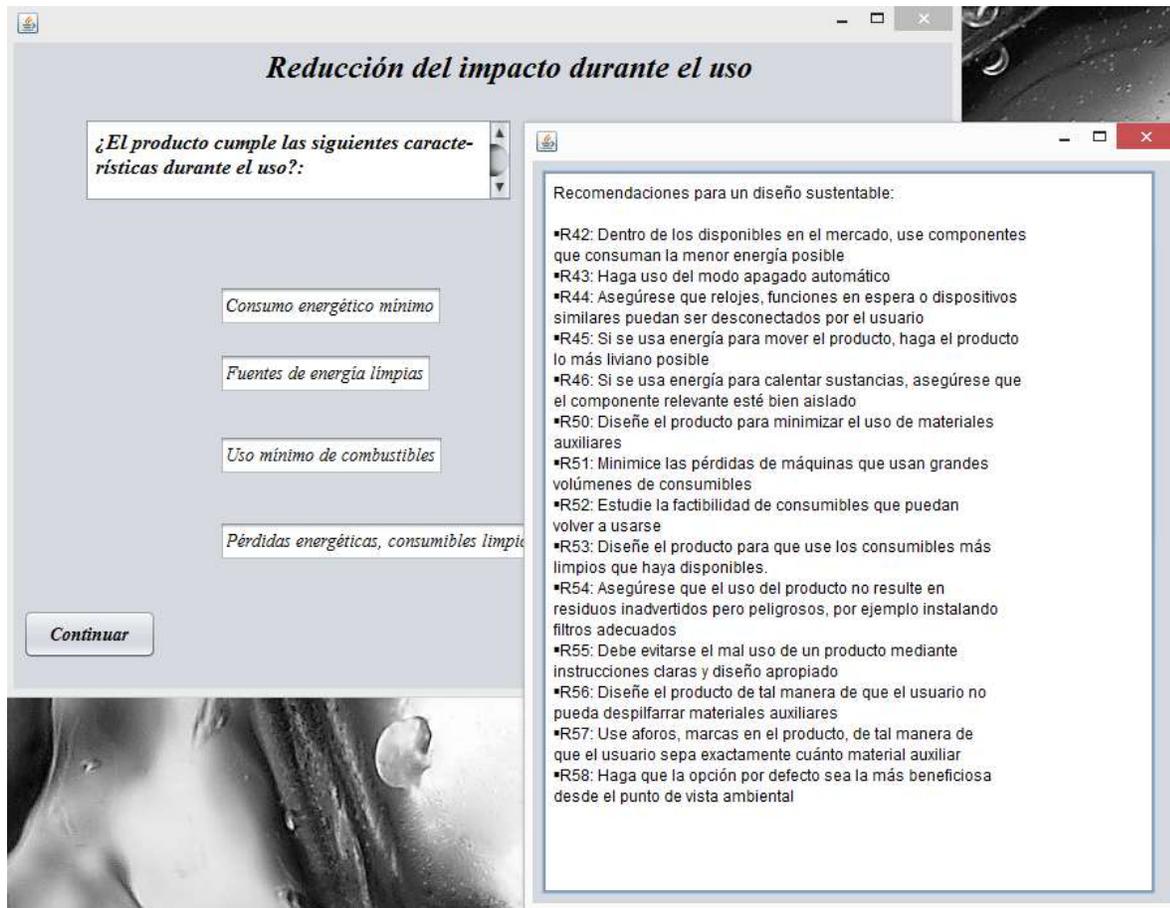


Figura 6.10. Ejemplo pantalla de recomendaciones

Elementos de apoyo

Los elementos de apoyo, tienen la función de mejorar el aprendizaje y a su vez ayudar a que el usuario mejore sus prácticas de diseño, para este prototipo se plantearon 2 elementos de apoyo, ver *figura 6.11*.

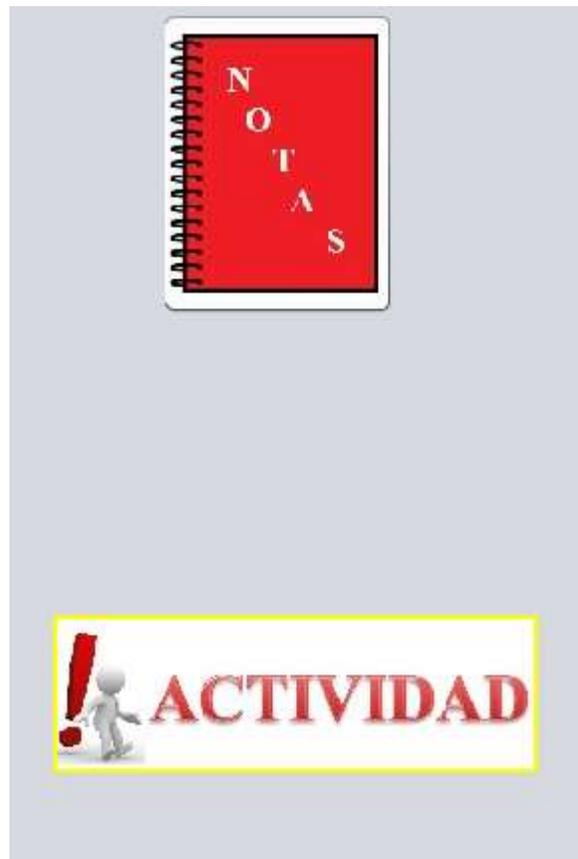


Figura 6.11. Botones de los elementos de apoyo.

- 1. Actividades.** Las actividades, son un material auxiliar que se presenta de manera sencilla en el sistema, como se muestra en la *figura 6.12*, las actividades son con base en el objetivo de la parte del proceso en la que se encuentre, ya que guían al usuario a mejorar su aprendizaje y al mismo tiempo a mejorar el diseño del producto que están realizando. Por ejemplo la *figura 6.12*, pide que se haga una matriz de selección, para dar prioridad a las oportunidades de proyectos, es una actividad que se recomienda hacer puesto que esto ayuda a definir el camino que se va a seguir para concretar el desarrollo del producto.

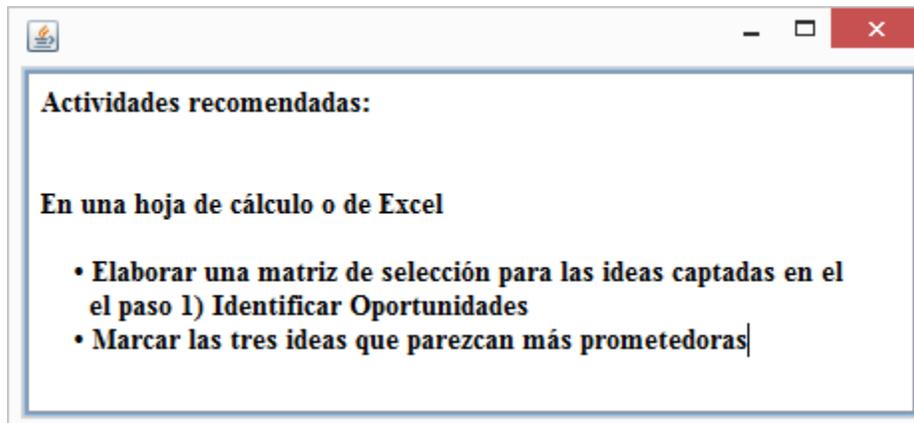


Figura 6.12. Ejemplo pantalla de actividad.

- 2. Notas.** Como se ha venido explicando, cada fase tiene sus propios procesos, que van guiando al usuario durante el desarrollo del producto, debido a que cada proceso debe ser explicado y en el caso de que existan tópicos importantes que se deban conocer, con el fin de no saturar las pantallas con mucha información, las notas ayudan a cubrir los puntos anteriores y a reforzar el aprendizaje. Las notas como muestra la *figura 6.13*, contienen diversos elementos que facilitan el aprendizaje, como imágenes, gráficas, tablas y la explicación de cada uno de los temas que se ven en las notas.

Perspectivas básicas:

ESTRATEGIA COMPETITIVA

SEGMENTACIÓN

TRAYECTORIAS TECNOLÓGICAS

Matriz de Selección:

**EVA
OPOR
PR**

TRAYECTORIAS TECNOLÓGICAS

En negocios de tecnología intensa, una decisión clave de planeación de productos es cuándo adoptar una nueva tecnología básica en una línea de productos. Las innovaciones tienen asociadas una serie de incertidumbre de mercado (la información adicional sobre los clientes y sus necesidades), incertidumbre tecnológica (la necesidad de conocimiento adicional sobre los componentes y la forma en que se relacionan, los métodos y las técnicas para que el nuevo producto funcione de forma adecuada.)

Una manera de analizar las regularidades tecnológicas, es por medio de las curvas S. El conocimiento de esta curva permite estar al tanto del estado actual de una tecnología en función si es emergente, de punta, clave o de base y proponer una serie de estrategias a tener en cuenta, como se muestra en la siguiente figura.

El diagrama muestra una curva S que representa la saturación de potencial de desempeño de una tecnología. El eje vertical indica la 'SATURACION DE POTENCIAL DE DESEMPEÑO'. La curva se divide en cuatro etapas: EMERGENTE, DE PUNTA, CLAVE y BASE. Las estrategias asociadas a cada etapa son:

- EMERGENTE:** MONITOREAR
- DE PUNTA:** INVERTIR SE-LECTIVAMENTE
- CLAVE:** CONSTRUIR Y CONTROLAR SISTEMATICAMENTE
- BASE:** NO SOBRE INVERTIR

Figura 6.13. Ejemplo pantalla de notas.

Capítulo 7: Validación y verificación del programa

Verificar un programa sirve para analizar qué tan completo es el programa, si cumple con los requisitos funcionales y no funcionales de su especificación

La validación es un proceso más general. Se debe asegurar que el software cumple las expectativas del cliente. Va más allá de comprobar si el sistema está acorde con su especificación, para probar que el software hace lo que el usuario espera a diferencia de lo que se ha especificado.

Determinación de los mecanismos de validación y verificación

Para validar y verificar se va a usar el *Software Usability Measurement Inventory*, el cual es un método para medir la calidad del prototipo de software desde el punto de vista del usuario final, ayuda a detección de los defectos de facilidad de uso en el producto.

La encuesta de *SUMI* consiste en una encuesta de 50 preguntas, ver tabla 7.1.

A U D

- | | A | U | D |
|--|---|---|---|
| 1 Responder rápido a las entradas | | | |
| 2 Recomendaría este programa a mis colegas. | | | |
| 3 Las instrucciones e indicaciones son útiles | | | |
| 4 El software en algún momento se detuvo inesperadamente. | | | |
| 5 Fácil de aprender a operar | | | |
| 6 A veces no sé qué hacer con este software. | | | |
| 7 Disfruto mis sesiones con este software. | | | |
| 8 Me parece que la información de ayuda dada por este software es muy útil. | | | |
| 9 Si este software se detiene, no es fácil para reiniciarlo | | | |
| 10 Se tarda poco tiempo para aprender los comandos de software. | | | |
| 11 A veces me preguntan si estoy usando el comando correcto. | | | |
| 12 Trabajar con este software es satisfactorio | | | |
| 13 La forma en que la información del sistema se presenta es clara y comprensible | | | |
| 14 Me siento más seguro si uso sólo unos pocos comandos u operaciones familiares | | | |
| 15 La documentación del software es muy informativo | | | |
| 16 Este software parece alterar la forma en que normalmente gusta organizar mi trabajo | | | |
| 17 Trabajar con este software es mentalmente estimulante | | | |
| 18 Suficiente información en la pantalla cuando es necesario | | | |
| 19 Me siento al mando de este software cuando lo estoy usando | | | |
| 20 Prefiero que atenerse a las instalaciones que conozco mejor | | | |
| 21 Creo que este software es consistente | | | |

usuario está menos de acuerdo (indeciso) y si el resultado es de entre 3.01 hasta 4, muestra usuario no está de acuerdo totalmente.

Después de haber evaluado cada punto se muestran los resultados, con respecto a cada uno de los siguientes puntos:

1. Responder rápido a las entradas
2. Instrucción y avisos útiles
3. Fácil de aprender a operar
4. La información es útil
5. Toma menos tiempo para aprender la herramienta
6. La herramienta es satisfactoria
7. Información presentada es clara y comprensible
8. Información suficiente cuando es necesaria
9. La herramienta es consistente
10. Puede entender y actuar en la información proporcionada
11. La herramienta está en norma
12. Menos de leer
13. Tareas se pueden realizar fácilmente
14. La herramienta no es frustrante
15. La herramienta ha superado el problema
16. Organización del menú es lógico
17. Puede ser económica de pulsaciones de teclas
18. Menos pasos requeridos
19. Fácil de hacer herramienta haga exactamente lo que queremos
20. Resultado exacto

Resultados de validación y verificación

La tabla 7.2, muestra los resultados de las encuestas, cabe destacar que dentro de esta encuesta no se tomarán en cuenta los resultados de las preguntas 11, 14, 38 y 49 puesto que no tienen mucha relación con el sentido del sistema.

La figura 7.1 muestra los resultados de los 20 puntos críticos:

1. Responder rápido a las entradas
2. Instrucción y avisos útiles
3. Fácil de aprender a operar
4. La información es útil
5. Toma menos tiempo para aprender la herramienta
6. La herramienta es satisfactoria
7. Información presentada es clara y comprensible
8. Información suficiente cuando es necesaria
9. La herramienta es consistente
10. Puede entender y actuar en la información proporcionada

11. La herramienta está en norma
12. Menos de leer
13. Tareas se pueden realizar fácilmente
14. La herramienta no es frustrante
15. La herramienta ha superado el problema
16. Organización del menú es lógico
17. Puede ser económica de pulsaciones de teclas
18. Menos pasos requeridos
19. Fácil de hacer herramienta haga exactamente lo que queremos
20. Resultado exacto

De acuerdo con la escala para los puntos críticos los usuarios están de acuerdo con el programa. Solo en los resultados exactos, el punto 20, los usuarios están menos de acuerdo, que es uno de los puntos a mejorar.

Pregunta	Encuesta 1	Encuesta 2	Encuesta 3	Encuesta 4	Encuesta 5	Encuesta 6	Encuesta 7	Encuesta 8	Encuesta 9	Promedio
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.00
2	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1.11
3	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1.11
4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	3.33
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.00
6	1	4	2	1	4	4	1	4	4	2.78
7	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1.11
8	1	1	1	1	4	1	1	1	4	1.67
9	4	2	4	4	2	2	4	4	2	3.11
10	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1.11
11	4	4	4	2	4	2	4	4	4	3.56
12	1	1	1	1	2	1	1	2	1	1.22
13	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1.11
14	1	4	2	2	1	1	1	2	2	1.78
15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.00
16	1	4	1	2	2	2	4	2	1	2.11
17	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1.11
18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.00
19	1	1	1	1	1	1	4	1	1	1.33
20	4	4	4	2	2	2	4	4	2	3.11
21	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.00
22	4	4	4	2	2	2	4	2	2	2.89
23	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.00
24	1	1	1	2	2	1	1	2	1	1.33
25	4	1	1	1	1	2	2	4	2	2.00
26	4	1	4	1	1	1	1	1	2	1.78
27	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1.11
28	1	4	1	2	2	1	1	2	2	1.78
29	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1.11
30	4	4	4	2	4	2	4	4	4	3.56
31	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.00
32	1	4	1	4	2	4	4	4	4	3.11
33	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1.11
34	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.00
35	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.00
36	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1.22
37	2	4	2	4	4	4	4	4	2	3.33
38	1	4	1	2	4	4	4	2	4	2.89
39	1	1	1	4	2	1	1	1	1	1.44
40	4	4	4	4	2	4	4	4	2	3.56
41	4	1	4	1	2	2	1	2	2	2.11
42	1	4	1	2	1	2	2	1	2	1.78
43	1	4	1	2	1	1	4	1	4	2.11
44	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1.11
45	4	4	4	4	2	4	4	4	4	3.78
46	1	4	1	4	2	4	4	4	2	2.89
47	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.00
48	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1.11
49	2	2	2	2	2	2	4	4	4	2.67
50	2	4	2	2	2	4	2	4	1	2.56

Tabla 7.2 Resultados encuestas

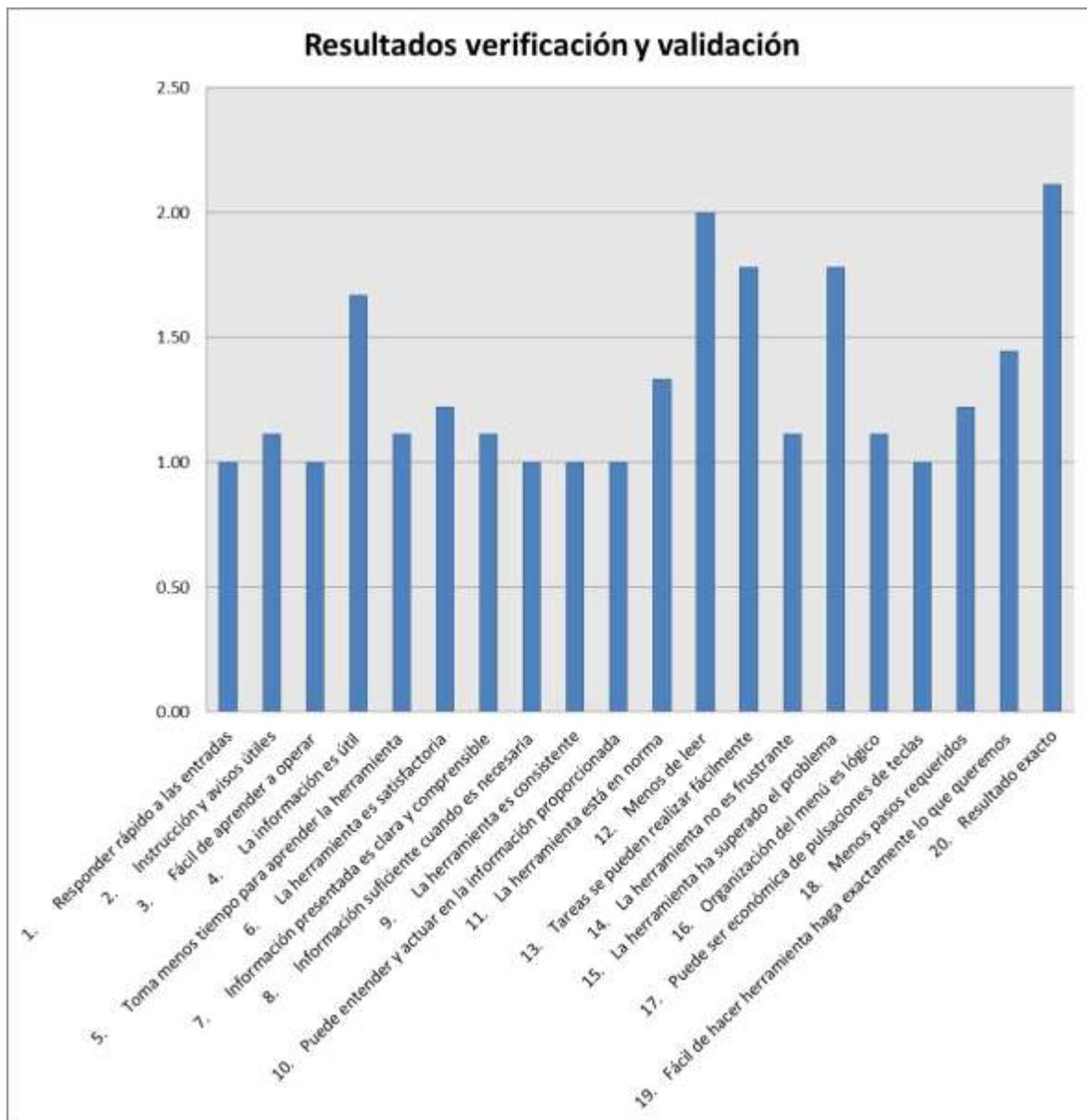


Figura 7.1: Gráfico de barras de los 20 factores importantes

Para concluir, de los resultados obtenidos en general del programa, muestran que el programa tiene una correcta funcionalidad y facilidad de uso. También cabe resaltar que esta encuesta evalúa solamente la facilidad de uso, lo que respecta a la estética del programa es otro aspecto, que se debe mejorar en el programa pero que no está dentro de los alcances del programa.

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

El objetivo del proyecto es desarrollar una herramienta que pudiera apoyar, a estudiantes y/o emprendedores inexpertos en el desarrollo de productos, pero teniendo en cuenta ciertas consideraciones para que el producto sea, tanto como se pueda, amigable con el medio ambiente.

El sistema experto, al ser una herramienta muy útil para poder utilizar el conocimiento de los que son considerados expertos en cierta rama del conocimiento y este se encuentra plasmado en libros, exposiciones, cátedras u otras formas en las que se transmite el conocimiento, resulta un tanto difícil que esta expertiz sea transmitida en forma masiva. Este sistema experto reúne los conocimientos del desarrollo de productos, con un enfoque hacia el usuario de Ulrich, reglas y guías para el diseño sustentable, y que embonan dentro del ciclo de vida de un producto.

Con los elementos antes mencionados, se desarrolló la herramienta lo más explicativa posible, para que se pudieran comprender perfectamente todo el proceso de desarrollo de un producto, así como la parte del sistema experto en la que se hacen recomendaciones para el diseño sustentable.

Con base en las encuestas de facilidad de uso hechas a usuarios objetivos, el resultado es que este sistema experto como herramienta para el diseño, con un enfoque sustentable es muy útil, tanto para alumnos que quisieran desarrollar un producto sustentable, como para emprendedores que tengan una idea y quisieran desarrollarla.

Por lo tanto se puede decir el que objetivo primordial del sistema si se cumplió que era apoyar al usuario a desarrollar un producto tomando en cuenta consideraciones de sustentabilidad.

Desarrollar esta herramienta para mí fue un gran logro, puesto que me enseñó a que, para cumplir un objetivo no hay barreras que no se puedan superar, ya que puesto que mi formación es de ingeniero industrial, mis conocimientos de programación no eran los óptimos al principio del proyecto, tanto para CLIPS como para NetBeans, este problema lo resolví con ayuda de compañeros que estuvieron en proyectos parecidos e investigando por cuenta propia. También no me consideraba un experto en el desarrollo de productos, si tenía varios conceptos claros acerca de las fases de desarrollo, pero conforme me adentraba en cada una de las fases del proceso de desarrollo de un producto más aprendía de estas y las complementaba con los conocimientos adquiridos durante la carrera, esto para incrementar el conocimiento del sistema y permitir que se pudiera ir mejorando a lo largo del tiempo.

Otro punto a tratar sobre la utilidad que tiene este sistema y su potencial, al ser una herramienta que utiliza la inteligencia artificial y el conocimiento de los expertos reunidos en un solo punto considero que es una herramienta muy útil para quienes quieran utilizarla, y al mismo tiempo tiene la posibilidad de ir creciendo en conocimientos y en su diseño mismo, por tanto tiene un

gran potencial para seguir mejorando y volverlo una mejor herramienta para el desarrollo de productos con enfoque sustentable, esto también abre las puertas a que se realicen este tipo de proyectos para otras áreas del conocimiento.

Por último los alcances del proyecto en esta primer etapa y a futuro, al ser un prototipo beta del sistema experto, tiene algunas deficiencias en cuanto a tipografía y estética, también al ser un sistema el cual pretende emular el conocimiento de un experto está limitado en cuanto a otros conocimientos, es decir, el campo de la expertiz es un punto muy enfocado dentro del área de conocimiento de un tema y pierde vista otros aspectos que están relacionados pero que no tienen un gran impacto sobre el tema del experto. Con respecto a los alcances a futuro, el sistema puede crecer en varias ramas del área del conocimiento, lo que ayudaría con la limitante de que solo está enfocada en un solo punto, podría estar enfocada en varios puntos del campo del conocimiento y ser una herramienta aún más completa.

Recomendaciones

El sistema experto al ser un prototipo Beta aún tiene algunas deficiencias en cuanto a tipografía, diseño, estética y algunas funciones, pero que como no estaban estas consideradas dentro de los alcances del proyecto puesto, que tomaría demasiado tiempo para realizar un prototipo alfa al 100% de sus capacidades. A continuación se presenta una serie de mejoras al prototipo que vale la pena tener en cuenta para posteriores proyectos:

- Mejoras en cuanto a estética
 - Diseño exclusivo para botones
 - Tener una sola tipografía para todas las ventanas
- Mejoras en cuanto a contenido
 - Tener las plantillas accesibles a los usuarios de los ejemplo, tablas y demás ejercicios
 - Agregar ejemplos a las recomendaciones para que éstas sean más claras y fáciles de entender
 - Sintetizar más el contenido y/o poner todo en anexos
- Mejoras en cuanto a estructura
 - Señalizar la manera en que se debe llevar a cabo las etapas, para evitar confusiones
 - Agregar un anexo con referencias que accedan a información más específica
 - Agregar elementos que permitan la práctica de lo aprendido a través del software, ejemplos o actividades que posibiliten un aprendizaje significativo y aplicado.
 - Agregar alguna forma en que se guarde la última visita al programa

Por último para reforzar el potencial del programa y como prueba de su eficiencia presento los comentarios de usuarios de prueba:

- Experto en diseño: *“Debido a que estamos en una época en la cual se está dando un boom emprendedor y México está empujando fuerte en este sector. Le veo gran futuro a esta aplicación ya que las personas que no tienen formación en diseño pierden mucho tiempo en encontrar la información y la guía necesaria para poder crear sus productos, servicios y/o ideas. Por esto yo vería este tutorial como primer referencia tipo biblia.”*
- Experto en pedagogía y psicología: *“Creo que es un programa útil, ya que me ahorraría tiempo de búsqueda de información. La organización me parece apropiada, con un orden lógico y de fácil comprensión. Como sugerencia, que la interfaz tenga una temática acorde al público destinado. Me pareció que la información que proporciona sobre cada categoría es buena, lo que a mi parecer lo hace fácil de usar.”*
- Usuario de prueba 1: *“Creo que es un programa útil, ya que me ahorraría tiempo de búsqueda de información. La organización me parece apropiada, con un orden lógico y de fácil comprensión. Como sugerencia, que la interfaz tenga una temática acorde al público destinado.”*
- Usuario de prueba 2: *“La información contenida en el software es bueno y de calidad, pero la presentación debería ser más atractiva, al inicio fue interesante, en particular no me gustó que las ventanas cambien tanto de tamaño. Es buena la intención y la información, pero faltan instrucciones y ser más atractivo”.*
- Usuario de prueba 3: *“Me pareció un software bastante interesante y práctico, la presentación del programa resulta bastante agradable, los comandos son bastante simples. Me agradó la idea de que en cada módulo se den sugerencias acerca del proceso, además de las actividades sugeridas a lo largo del programa”.*

Bibliografía

- [1] *Vilchis*, Luz del Carmen. (2002). **Metodología del diseño**. México: Claves Latinoamericanas.
- [2] *Munari*, Bruno. (2004) **¿Cómo nacen los objetos?** México: Gustavo Gili.
- [3] *Löbach*, Bernd. (1981). **Diseño Industrial**. Barcelona: Gustavo Gili.
- [4] *Papanek*, Víctor. (1977). **Diseñar para el mundo real. Ecología humana y cambio social**. Madrid, España: Herman Blume.
- [5] *Ulrich*, Karl T., *Eppinger*, Steven D. (2008). **Diseño y desarrollo de productos**. México: McGraw-Hill.
- [6] *Earle*, James H. (1976). **Diseño gráfico en ingeniería**. México: Fondo Educativo Interamericano.
- [7] *García*, Dulce M., *Martínez de la P.*, *Angélica* y *Salas D.*, *Berthana*. (2007). **Diseñamos, ¿para el mundo real? Víctor Papanek, un visionario del diseño**. Febrero, 5, 2015, de Segunda Época Sitio web: http://148.206.107.15/biblioteca_digital/articulos/15-389-5854nhh.pdf
- [8] *Fiksel*, Joseph. (2012). **Design for Environment. A guide to Sustainable Product Development**. Estados Unidos: Mc Graw Hill.
- [9] *ONU* 1987. Our Common Future. **Reporte de la Comisión Mundial de Ambiente y Desarrollo**.
- [10] *Doménech*, Juan L. (2007). **Huella ecológica y desarrollo sostenible**. Madrid: ENOR. ASOCIACION ESPAÑOLA DE NORMALIZACION Y CERTIFICACION.
- [11] *Capuz*, Salvador & *Gómez*, Tomás. (2002). **Ecodiseño: ingeniería del ciclo de vida para el desarrollo de productos sostenibles**. Valencia: Univ. Politéc. Valencia.
- [12] *Vezzoli*, Carlo & *Manzini*, Ezio. (2008). **Design for Environmental Sustainability** . Milan: Springer.
- [13] *Stark*, John. (2007). **Global Product**. Londres: Springer.
- [14] *Wackernagel*, Mathis et al. (2014). **La Huella Ecológica - Visión general**. Septiembre 10, 2014, de Global Footprint Network Sitio web: http://www.footprintnetwork.org/es/index.php/gfn/page/footprint_basics_overview/
- [15] *Culaba*, A.B. & *Purvis*, M.R.I. (1999, agosto 9). **A methodology for the life cycle and sustainability analysis of manufacturing processes**. *Journal of Cleaner Production*, 1, 11. 2013, agosto 15, De EL SEVIER Base de datos.

[16] Heijungs, Reinout, et al. (2009). **Life cycle assessment and sustainability analysis of products, materials and technologies. Toward a scientific framework for sustainability life cycle analysis.** *Polymer Degradation and Stability*, 1, 7. 2013, agosto 15, De EL SEVIER Base de datos.

[17]E. Westkamper, Alting, Arndt. (2009). **Life Cycle Management and Assessment: Approaches and Visions towards Sustainable Manufacturing.** *Manufacturing Technology Journal Impact Factor & Information*, 1, 26. 2013, Agosto 15, De ResearchGate Base de datos.

[18] Hauschild, M., et al. (2010). **From Life Cycle Assessment to Sustainable Production: Status and Perspectives.** *Manufacturing Technology Journal Impact Factor & Information*, 1, 21. 2013, agosto 15, De Scholar google Base de datos.

[19] Hauschild, M. & H. Wenzel, L. Alting . (1999). **Life Cycle Design - a Route to the Sustainable Industrial Culture?.** *Manufacturing Technology Journal Impact Factor & Information*, 1, 4. 2013, agosto 15, De ResearchGate Base de datos.

[20] Riba, Carles & Molina, Arturo. (2006). **Ingeniería Concurrente: Una metodología integradora .**

[21] David R., Heffelfinger, (2011). **Java EE 6 Development with NetBeans 7.** Inglaterra: Packt Publishing.

[22] Herbert, Schildt,(2012). **Java, A Beginner's Guide.** McGraw Hill: EUA.

[23] Hosein, Fazel Zaran, et al.(2011) **A material selection methodology and expert system for sustainable product design.** Londres: Springer-Verlag.

[24] Durkin, J. (1994) **EXPERT SYSTEMS: DESIGN AND DEVELOPMENT.** New York. Maxwell Macmilan.

[14] *University College Cork* (2014). **Software Usability Measurement Inventory.** Diciembre 17, 2014, SUMI Sitio web: <http://sumi.ucc.ie/>

ANEXO

El código que se presenta corresponde a las reglas de CLIPS que se realizaron para que el sistema experto ejecute las recomendaciones.

Desarrollo de Nuevo Concepto

```
CLIPS> (defrule rule1 (a s)(c s) => (assert (fase0 (reglas estrat0))))
```

```
CLIPS> (defrule rule2 (fase0 (reglas estrat0))
```

```
  => (printout t "Desmat/Integr/Optim" crlf))
```

```
CLIPS> (defrule rule3 (a s) (d s) => (assert (fase0 (reglas principio1a))))
```

```
CLIPS> (defrule rule4 (fase0 (reglas principio1a))
```

```
  => (printout t "Principio DPA-a" crlf))
```

```
CLIPS> (defrule rule5 (b s) (c s) => (assert (fase0 (reglas principio1b))))
```

```
CLIPS> (defrule rule6 (fase0 (reglas principio1b))
```

```
  => (printout t "Principio DPA-b" crlf))
```

```
CLIPS> (defrule rule7 (b s) (d s) => (assert (fase0 (reglas principio1c))))
```

```
CLIPS> (defrule rule8 (fase0 (reglas principio1c))
```

```
  => (printout t "Principio DPA-c" crlf))
```

Selección de materiales

```
CLIPS> (defrule rule1 (a s)(c s)(e s)(g s) => (assert (fase1 (reglas estaceg))))
```

```
CLIPS> (defrule rule2 (fase1 (reglas estaceg))
```

```
  => (printout t "GPAR i viii, P2" crlf))
```

```
CLIPS> (defrule rule3 (a s)(c s)(e s)(h s) => (assert (fase1 (reglas estaceh))))
```

```
CLIPS> (defrule rule4 (fase1 (reglas estaceh))
```

```
  => (printout t "R14 18, P4C3" crlf))
```

```

CLIPS> (defrule rule5 (a s)(c s)(f s)(g s) => (assert (fase1 (reglas estacfg))))

CLIPS> (defrule rule6 (fase1 (reglas estacfg))

=> (printout t "R9 13, P4C1" crlf))

CLIPS> (defrule rule7 (a s)(c s)(f s)(h s) => (assert (fase1 (reglas estacfh))))

CLIPS> (defrule rule8 (fase1 (reglas estacfh))

=> (printout t "R9 18, P4C1,4C3" crlf))

CLIPS> (defrule rule9 (a s)(d s)(e s)(g s) => (assert (fase1 (reglas estadeg))))

CLIPS> (defrule rule10 (fase1 (reglas estadeg))

=> (printout t "R6 8" crlf))

CLIPS> (defrule rule11 (a s)(d s)(e s)(h s) => (assert (fase1 (reglas estadeh))))

CLIPS> (defrule rule12 (fase1 (reglas estadeh))

=> (printout t "R6 8,R14 18, P4C3" crlf))

CLIPS> (defrule rule13 (a s)(d s)(f s)(g s) => (assert (fase1 (reglas estadfg))))

CLIPS> (defrule rule14 (fase1 (reglas estadfg))

=> (printout t "R6 13, P4C1" crlf))

CLIPS> (defrule rule15 (a s)(d s)(f s)(h s) => (assert (fase1 (reglas estadfh))))

CLIPS> (defrule rule16 (fase1 (reglas estadfh))

=> (printout t "R6 18, P4C.1, P4C3" crlf))

CLIPS> (defrule rule17 (b s)(c s)(e s)(g s) => (assert (fase1 (reglas estbceg))))

CLIPS> (defrule rule18 (fase1 (reglas estbceg))

=> (printout t "R1 5, P4" crlf))

CLIPS> (defrule rule19 (b s)(c s)(e s)(h s) => (assert (fase1 (reglas estbceh))))

CLIPS> (defrule rule20 (fase1 (reglas estbceh))

=> (printout t "R1 5, R14 18, P4B, P4C3" crlf))

```

```

CLIPS> (defrule rule21 (b s)(c s)(f s)(g s) => (assert (fase1 (reglas estbcfg))))
CLIPS> (defrule rule22 (fase1 (reglas estbcfg))
=> (printout t "R1 5, R9 13, P4B, P4C1" crlf))
CLIPS> (defrule rule23 (b s)(c s)(f s)(h s) => (assert (fase1 (reglas estbcfh))))
CLIPS> (defrule rule24 (fase1 (reglas estbcfh))
=> (printout t "R1 5, R9 18, P4B, 4C1, 4C3" crlf))
CLIPS> (defrule rule25 (b s)(d s)(e s)(g s) => (assert (fase1 (reglas estbdeg))))
CLIPS> (defrule rule26 (fase1 (reglas estbdeg))
=> (printout t "R1 8, P4B" crlf))
CLIPS> (defrule rule27 (b s)(d s)(e s)(h s) => (assert (fase1 (reglas estbdeh))))
CLIPS> (defrule rule28 (fase1 (reglas estbdeh))
=> (printout t "R1 8,R14 18, P4B,4C3" crlf))
CLIPS> (defrule rule29 (b s)(d s)(f s)(g s) => (assert (fase1 (reglas estbdfg))))
CLIPS> (defrule rule30 (fase1 (reglas estbdfg))
=> (printout t "R1 13, P4B, 4C1" crlf))
CLIPS> (defrule rule31 (b s)(d s)(f s)(h s) => (assert (fase1 (reglas estbdfh))))
CLIPS> (defrule rule32 (fase1 (reglas estbdfh))
=> (printout t "R1 R18, P2,4C3" crlf))

```

Reducción en el uso de materiales

```

CLIPS> (defrule rule1 (a s)(c s) => (assert (fase2 (reglas estac))))
CLIPS> (defrule rule2 (fase2 (reglas estac))
=> (printout t "GPAR (A J)" crlf))
CLIPS> (defrule rule3 (a s) (d s) => (assert (fase2 (reglas estad))))
CLIPS> (defrule rule4 (fase2 (reglas estad))

```

```

=> (printout t "R21 23, P4C.2" crlf)
CLIPS> (defrule rule5 (b s) (c s) => (assert (fase2 (reglas estbc))))
CLIPS> (defrule rule6 (fase2 (reglas estbc))
=> (printout t "R19 20, P4A2" crlf))
CLIPS> (defrule rule7 (b s) (d s) => (assert (fase2 (reglas estbd))))
CLIPS> (defrule rule8 (fase2 (reglas estbd))
=> (printout t "R19 23, P4A2, P4C.2" crlf))

```

Optimización de las técnicas de producción

```

CLIPS> (defrule rule1 (a s)(c s)(f s) => (assert (fase3 (reglas estacf))))
CLIPS> (defrule rule2 (fase3 (reglas estacf))
=> (printout t "R29 30" crlf))
CLIPS> (defrule rule3 (a s)(d s)(e s) => (assert (fase3 (reglas estade))))
CLIPS> (defrule rule4 (fase3 (reglas estade))
=> (printout t "R27 28" crlf))
CLIPS> (defrule rule5 (a s)(d s)(f s) => (assert (fase3 (reglas estadf))))
CLIPS> (defrule rule6 (fase3 (reglas estadf))
=> (printout t "R27 30" crlf))
CLIPS> (defrule rule7 (b s)(c s)(e s) => (assert (fase3 (reglas estbce))))
CLIPS> (defrule rule8 (fase3 (reglas estbce))
=> (printout t "R24 26" crlf))
CLIPS> (defrule rule9 (b s)(c s)(f s) => (assert (fase3 (reglas estbcf))))
CLIPS> (defrule rule10 (fase3 (reglas estbcf))
=> (printout t "R24 26, 29 30" crlf))
CLIPS> (defrule rule11 (b s)(d s)(e s) => (assert (fase3 (reglas estbde))))
CLIPS> (defrule rule12 (fase3 (reglas estbde))
=> (printout t "R24 28" crlf))
CLIPS> (defrule rule13 (b s)(d s)(f s) => (assert (fase3 (reglas estbdf))))
CLIPS> (defrule rule14 (fase3 (reglas estbdf))
=> (printout t "R24 30" crlf))

```

Optimización del sistema de distribución

```
CLIPS> (defrule rule1 (a s)(c s)(e s) => (assert (fase4 (reglas estace))))
CLIPS> (defrule rule2 (fase4 (reglas estace))
      => (printout t "Buenas practicas de sistema de distribucion" crlf))
CLIPS> (defrule rule3 (a s)(c s)(f s) => (assert (fase4 (reglas estacf))))
CLIPS> (defrule rule4 (fase4 (reglas estacf))
      => (printout t "R39 41" crlf))
CLIPS> (defrule rule5 (a s)(d s)(e s) => (assert (fase4 (reglas estade))))
CLIPS> (defrule rule6 (fase4 (reglas estade))
      => (printout t "R36 38" crlf))
CLIPS> (defrule rule7 (a s)(d s)(f s) => (assert (fase4 (reglas estadf))))
CLIPS> (defrule rule8 (fase4 (reglas estadf))
      => (printout t "R36 41" crlf))
CLIPS> (defrule rule9 (b s)(c s)(e s) => (assert (fase4 (reglas estbce))))
CLIPS> (defrule rule10 (fase4 (reglas estbce))
      => (printout t "R31 35" crlf))
CLIPS> (defrule rule11 (b s)(c s)(f s) => (assert (fase4 (reglas estbcf))))
CLIPS> (defrule rule12 (fase4 (reglas estbcf))
      => (printout t "R31 35,39 41" crlf))
CLIPS> (defrule rule13 (b s)(d s)(e s) => (assert (fase4 (reglas estbde))))
CLIPS> (defrule rule14 (fase4 (reglas estbde))
      => (printout t "R31 38" crlf))
CLIPS> (defrule rule15 (b s)(d s)(f s) => (assert (fase4 (reglas estbdf))))
CLIPS> (defrule rule16 (fase4 (reglas estbdf))
      => (printout t "R31 41" crlf))
```

Reducción del impacto durante el uso

```
CLIPS> (defrule rule1 (a s)(c s)(e s)(g s) => (assert (fase5 (reglas estaceg))))
CLIPS> (defrule rule2 (fase5 (reglas estaceg))
      => (printout t "Buenas prácticas" crlf))
```

```

CLIPS> (defrule rule3 (a s)(c s)(e s)(h s) => (assert (fase5 (reglas estaceh))))
CLIPS> (defrule rule4 (fase5 (reglas estaceh))
=> (printout t "R53 58" crlf))
CLIPS> (defrule rule5 (a s)(c s)(f s)(g s) => (assert (fase5 (reglas estacfg))))
CLIPS> (defrule rule6 (fase5 (reglas estacfg))
=> (printout t "R50 52" crlf))
CLIPS> (defrule rule7 (a s)(c s)(f s)(h s) => (assert (fase5 (reglas estacfh))))
CLIPS> (defrule rule8 (fase5 (reglas estacfh))
=> (printout t "R50 58" crlf))
CLIPS> (defrule rule9 (a s)(d s)(e s)(g s) => (assert (fase5 (reglas estadeg))))
CLIPS> (defrule rule10 (fase5 (reglas estadeg))
=> (printout t "R47 49" crlf))
CLIPS> (defrule rule11 (a s)(d s)(e s)(h s) => (assert (fase5 (reglas estadeh))))
CLIPS> (defrule rule12 (fase5 (reglas estadeh))
=> (printout t "R47 49,53 58" crlf))
CLIPS> (defrule rule13 (a s)(d s)(f s)(g s) => (assert (fase5 (reglas estadfg))))
CLIPS> (defrule rule14 (fase5 (reglas estadfg))
=> (printout t "R47 52" crlf))
CLIPS> (defrule rule15 (a s)(d s)(f s)(h s) => (assert (fase5 (reglas estadfh))))
CLIPS> (defrule rule16 (fase5 (reglas estadfh))
=> (printout t "R47 58" crlf))
CLIPS> (defrule rule17 (b s)(c s)(e s)(g s) => (assert (fase5 (reglas estbceg))))
CLIPS> (defrule rule18 (fase5 (reglas estbceg))
=> (printout t "R42 46" crlf))
CLIPS> (defrule rule19 (b s)(c s)(e s)(h s) => (assert (fase5 (reglas estbceh))))
CLIPS> (defrule rule20 (fase5 (reglas estbceh))
=> (printout t "R42 46,53 58" crlf))
CLIPS> (defrule rule21 (b s)(c s)(f s)(g s) => (assert (fase5 (reglas estbcfg))))
CLIPS> (defrule rule22 (fase5 (reglas estbcfg))
=> (printout t "R42 46,50 52" crlf))
CLIPS> (defrule rule23 (b s)(c s)(f s)(h s) => (assert (fase5 (reglas estbcfh))))
CLIPS> (defrule rule24 (fase5 (reglas estbcfh))
=> (printout t "R42 46,50 58" crlf))

```

```

CLIPS> (defrule rule25 (b s)(d s)(e s)(g s) => (assert (fase5 (reglas estbdeg))))
CLIPS> (defrule rule26 (fase5 (reglas estbdeg))
=> (printout t "R42 49" crlf))
CLIPS> (defrule rule27 (b s)(d s)(e s)(h s) => (assert (fase5 (reglas estbdeh))))
CLIPS> (defrule rule28 (fase5 (reglas estbdeh))
=> (printout t "R42 49, 53 58" crlf))
CLIPS> (defrule rule29 (b s)(d s)(f s)(g s) => (assert (fase5 (reglas estbdfg))))
CLIPS> (defrule rule30 (fase5 (reglas estbdfg))
=> (printout t "R42 52" crlf))
CLIPS> (defrule rule31 (b s)(d s)(f s)(h s) => (assert (fase5 (reglas estbdfh))))
CLIPS> (defrule rule32 (fase5 (reglas estbdfh))
=> (printout t "42 58" crlf))

```

Optimización de la vida útil

```

CLIPS> (defrule rule1 (a s)(c s)(e s) => (assert (fase6 (reglas estace))))
CLIPS> (defrule rule2 (fase6 (reglas estace))
=> (printout t "Buenas prácticas Optim. vida útil" crlf))
CLIPS> (defrule rule3 (a s)(c s)(f s) => (assert (fase6 (reglas estacf))))
CLIPS> (defrule rule4 (fase6 (reglas estacf))
=> (printout t "R70 72" crlf))
CLIPS> (defrule rule5 (a s)(d s)(e s) => (assert (fase6 (reglas estade))))
CLIPS> (defrule rule6 (fase6 (reglas estade))
=> (printout t "R59,67 69" crlf))
CLIPS> (defrule rule7 (a s)(d s)(f s) => (assert (fase6 (reglas estadf))))
CLIPS> (defrule rule8 (fase6 (reglas estadf))
=> (printout t "R59,67 72" crlf))
CLIPS> (defrule rule9 (b s)(c s)(e s) => (assert (fase6 (reglas estbce))))
CLIPS> (defrule rule10 (fase6 (reglas estbce))
=> (printout t "R60 66" crlf))
CLIPS> (defrule rule11 (b s)(c s)(f s) => (assert (fase6 (reglas estbcf))))
CLIPS> (defrule rule12 (fase6 (reglas estbcf))
=> (printout t "R60 66,70 72" crlf))

```

```
CLIPS> (defrule rule13 (b s)(d s)(e s) => (assert (fase6 (reglas estbde))))
CLIPS> (defrule rule14 (fase6 (reglas estbde))
=> (printout t "R59 69" crlf))
CLIPS> (defrule rule15 (b s)(d s)(f s) => (assert (fase6 (reglas estbdf))))
CLIPS> (defrule rule16 (fase6 (reglas estbdf))
=> (printout t "R59 72" crlf))
```

Optimización del sistema de fin de vida

```
CLIPS> (defrule rule1 (a s)(c s)(e s) => (assert (fase7 (reglas estace))))
CLIPS> (defrule rule2 (fase7 (reglas estace))
=> (printout t "Buenas prácticas Optim. fin de vida" crlf))
CLIPS> (defrule rule3 (a s)(c s)(f s) => (assert (fase7 (reglas estacf))))
CLIPS> (defrule rule4 (fase7 (reglas estacf))
=> (printout t "R83 86" crlf))
CLIPS> (defrule rule5 (a s)(d s)(e s) => (assert (fase7 (reglas estade))))
CLIPS> (defrule rule6 (fase7 (reglas estade))
=> (printout t "R75 82" crlf))
CLIPS> (defrule rule7 (a s)(d s)(f s) => (assert (fase7 (reglas estadf))))
CLIPS> (defrule rule8 (fase7 (reglas estadf))
=> (printout t "R75 86" crlf))
CLIPS> (defrule rule9 (b s)(c s)(e s) => (assert (fase7 (reglas estbce))))
CLIPS> (defrule rule10 (fase7 (reglas estbce))
=> (printout t "R73 74" crlf))
CLIPS> (defrule rule11 (b s)(c s)(f s) => (assert (fase7 (reglas estbcf))))
CLIPS> (defrule rule12 (fase7 (reglas estbcf))
=> (printout t "R73 74,83 86" crlf))
CLIPS> (defrule rule13 (b s)(d s)(e s) => (assert (fase7 (reglas estbde))))
CLIPS> (defrule rule14 (fase7 (reglas estbde))
=> (printout t "R73 82" crlf))
CLIPS> (defrule rule15 (b s)(d s)(f s) => (assert (fase7 (reglas estbdf))))
CLIPS> (defrule rule16 (fase7 (reglas estbdf))
=> (printout t "R73 86" crlf))
```

Reglas, guías y principios para el diseño sustentable

Desarrollo de un nuevo concepto:

- Desmaterialización
- Uso compartido del producto
- Integración de funciones
- Optimización funcional del producto

Estrategia 1. Selección de materiales de bajo impacto

- Materiales más limpios
 - R1: No use materiales o aditivos prohibidos, debido a su toxicidad
 - R2: Evite materiales y aditivos que afectan a la capa de ozono (Cloro, fluor, bromo, metil bromuros, halones y aerosoles, espumas, refrigerantes y solventes que contengan Clorofluocarbonos)
 - R3: Evite el uso de hidrocarburos que causan smog en verano
 - R4: Alternativas de tratamientos para terminaciones superficiales
 - R5: Alternativas para metales no ferrosos, ya que producen emisiones dañinas durante su proceso de producción (cobre, zinc, bronce, cromo y níquel)
- Materiales renovables
 - R6: Alternativas para materiales escasos o que pueden agotarse
- Materiales con menor contenido energético
 - R7: Evite el uso de materiales muy intensivos en energía (aluminio)
 - R8: Evite materias primas producidas mediante agricultura intensiva
- Materiales reciclados
 - R9: Use materiales reciclados siempre que sea posible
 - R10: Use metales secundarios, en vez de sus equivalentes vírgenes (aluminio y cobre secundario)
 - R11: Use plásticos reciclados para las partes interiores de los productos que solo tienen funciones de soporte y no requieren calidad mecánica, higiénica o tolerancia
 - R12: Cuando la higiene sea importante, aplicar un laminado, el centro de plástico reciclado, cubierto o rodeado de plástico virgen
 - R13: Haga uso de las características únicas de los materiales reciclados (color y textura) en el proceso de diseño
- Materiales reciclables
 - R14: Use solamente un tipo de material para todo el producto y para los distintos subconjuntos (monomaterial)
 - R15: seleccione materiales que sean mutuamente compatibles
 - R16: Evite materiales que sean difíciles de separar tales como materiales compuestos, laminados, rellenos, retardantes de llama y refuerzos con fibra de vidrio

- R17: Use preferiblemente materiales reciclables para los cuales ya exista un mercado
- R18: Evite el uso de elementos contaminantes tales como etiquetas autoadhesivas que podría interferir con el reciclado

Estrategia 2. Reducción en el uso de materiales

- Reducción en el peso
 - R19: Procure dar rigidez a través de técnicas de construcción tales como costillas de refuerzo antes que sobredimensionando el producto
 - R20: Expresar calidad a través de buen diseño antes que sobredimensionando el producto
- Reducción en volumen (al transportar)
 - R21: Reducir la cantidad de espacio requerido para transportar y almacenar los productos achicando su volumen total y tamaño
 - R22: que el producto sea plegable y/o apto para apilar
 - R23: Considere transportar el producto en componentes sueltos que puedan ser apilados, dejando el ensamble final para una tercera parte o aún por el usuario final

Estrategia 3. Optimización de las técnicas de producción

- Técnicas de producción alternativas
 - R24: Elija técnicas de producción limpia que requieran el uso de menos sustancias auxiliares y aditivos dañino
 - R25: Seleccione técnicas de producción que generen pocas emisiones, tales como doblado en vez de soldadura, uniones en vez de estañado
 - R26: Elija los procesos que hagan uso más eficiente de materiales
- Menos pasos en la producción
 - R27: Combine funciones constitutivas en un componente de tal manera que hagan falta menos procesos productivos
 - R28: Use preferiblemente materiales que no requieran tratamiento superficiales adicionales
- Menor consumo energético/energía más limpia
 - R29: Reduzca la cantidad de consumibles de producción requeridos
 - R30: Consulte al departamento de producción y a los proveedores respecto de la eficiencia con la cual se usan los materiales durante la producción, para identificar si puede mejorarse

Estrategia 4. Optimización del sistema de distribución

- Packaging: Menos/más limpio / reusable
 - R31: Si todo o parte del packaging sirve para darle al producto un cierto atractivo, use un diseño atractivo pero magro para lograr el mismo efecto

- R32: Para el transporte y embalaje para el preste atención a embalajes reusables en combinación con un depósito de dinero o sistemas de devolución (retornables)
- R33: Use materiales apropiados para el tipo de packaging
- R34: Use empaques de peso y volumen mínimos
- R35: Asegúrese que el packaging sea apropiado para presentar volumen reducido, plegabilidad y apilado de los productos
- Modos de transporte eficientes
 - R36: Evitar formas de transporte ambiental-mente dañinas.
 - R37: El transporte por buque porta contenedores o por tren es preferible al transporte por camiones.
 - R38: El transporte aéreo debe evitarse siempre que sea posible
- Logística eficiente desde el punto de vista energético
 - R39: Trabaje preferiblemente con pro-veedores locales evitando así transporte en largas distancias.
 - R40: Introducir formas eficientes de distribución
 - R41: Use packaging normalizado de transporte y empaque a granel (Europallets y di-mensiones de módulo de packaging normalizadas)

Estrategia 5. Reducción del impacto durante el uso

- Menor consumo energético
 - R42: Dentro de los disponibles en el mercado, use componentes que consuman la menor energía posible
 - R43: Haga uso del modo apagado automático
 - R44: Asegúrese que relojes, funciones en espera o dispositivos similares puedan ser desconectados por el usuario
 - R45: Si se usa energía para mover el producto, haga el producto lo más liviano posible
 - R46: Si se usa energía para calentar sustancias, asegúrese que el componente relevante esté bien aislado
- Fuentes de energía más limpias
 - R47: Elija la fuente de energía menos dañina
 - R48: Evite el uso de baterías no recargables
 - R49: Estimule uso de energía limpia tal como fuentes de energía de bajo azufre (gas natural y carbón de bajo azufre), fermentación, energía eólica, energía hidráulica y solar
- Menor necesidad de consumibles
 - R50: Diseñe el producto para minimizar el uso de materiales auxiliares
 - R51: Minimice las pérdidas de máquinas que usan grandes volúmenes de consumibles
 - R52: Estudie la factibilidad de consumibles que puedan volver a usarse
- Consumibles más limpios

- R53: Diseñe el producto para que use los consumibles más limpios que haya disponibles.
- R54: Asegúrese que el uso del producto no resulte en residuos inadvertidos pero peligrosos, por ejemplo instalando filtros adecuados
- Reduzca el despilfarro de energía y otros consumibles
 - R55: Debe evitarse el mal uso de un producto mediante instrucciones claras y diseño apropiado
 - R56: Diseñe el producto de tal manera de que el usuario no pueda despilfarrar materiales auxiliares
 - R57: Use aforos, marcas en el producto, de tal manera de que el usuario sepa exactamente cuánto material auxiliar
 - R58: Haga que la opción por defecto sea la más beneficiosa desde el punto de vista ambiental

Estrategia 6. Optimización de la vida útil

- Confiabilidad y durabilidad
 - R59: Desarrolle un buen diseño y evite eslabones débiles
- Más fácil mantenimiento y reparación
 - R60: Diseñe el producto de tal manera que necesite poco mantenimiento
 - R61: Indique en el producto cómo debe ser abierto para limpieza o reparación
 - R62: Indique en el propio producto qué partes deben ser limpiadas o mantenidas de una manera específica
 - R63: Indique en el producto cuáles partes o subconjuntos deben inspeccionarse a menudo, debido a un rápido desgaste
 - R64: Haga que la ubicación del desgaste en el producto sea detectable, de tal manera que la reparación o reemplazo pueda tener lugar a tiempo
 - R65: Ubique las partes que se desgastan relativamente rápido cercanas entre sí y en ubicación fácilmente accesible, de tal manera que los reemplazos puedan colocarse fácilmente
 - R66: Haga que los componentes más vulnerables sean fáciles de desarmar para reparación o reemplazo
- Estructura modular del producto
 - R67: Diseñe el producto en módulos de tal manera que pueda ser mejorado mediante la adición de nuevos módulos o funciones más adelante en el tiempo
 - R68: Diseñe el producto en módulos de manera que aquellos módulos técnica o estéticamente obsoletos puedan ser renovados
- Diseño clásico
 - R69: Diseñe la apariencia del producto de modo que no se vuelva rápidamente falto de interés, asegurando así que la vida estética del producto no sea más corta que su vida técnica
- Fuerte relación usuario – producto
 - R70: Diseñe el producto de tal manera que exceda los requerimientos (posiblemente ocultos) del usuario durante un largo tiempo.
 - R71: Asegúrese que el mantenimiento y la reparación del producto resulte en un placer antes que en una tarea

- R72: Dé al producto un valor agregado en términos de diseño y funcionalidad de modo que el usuario habrá de ser renuente a reemplazarlo

Estrategia 7. Optimización del sistema de fin de vida

- Reuso del producto
 - R73: Dé al producto un diseño clásico que lo haga estéticamente agradable y atractivo para un segundo usuario
 - R74: Asegúrese que la construcción sea buena de tal manera de que no se vuelva prematuramente obsoleto desde el punto de vista técnico
- Refabricación/restauración
 - R75: Diseñe para el desarmado (de producto a subconjuntos) para asegurar la fácil accesibilidad del producto para su inspección, limpieza, reparación y reemplazo de subconjuntos o partes vulnerables o pasibles de innovación
 - R76: El producto debe tener una estructura de diseño jerárquica y modular, los módulos pueden entonces ser separados y re fabricados de la forma más adecuada
 - R77: Use ensamblajes desprendibles tales como trabas, tornillos un ensamblaje en bayoneta en lugar de soldaduras, pegado o conexiones soldadas
 - R78: Use uniones normalizadas de modo que el producto pueda desarmarse con unas pocas herramientas universales
 - R79: Ubique las uniones de tal manera que la persona responsable del desarmado del producto no necesite dar vueltas o moverlo
 - R80: Marque en el producto mismo como debe ser abierto de manera no destructiva
 - R81: Ubique a las partes que son desgastadas relativamente rápido próximas a las otras, de manera que pueda ser fácilmente reemplazadas
 - R82: Indique en el producto mismo qué partes deben ser limpiadas o mantenidas de una manera específica
- Reciclado de materiales
 - R83: Dé prioridad al reciclado primario por sobre el reciclado secundario y terciario
 - R84: Diseñe para el desarmado
 - R85: Si han de usarse materiales tóxicos en el producto, debían concentrarse en áreas adyacentes de manera que puedan removerse fácilmente
 - R86: Al reciclar metales, use la tabla de compatibilidad de metales que figura en el módulo B, que define los elementos que impiden el reciclado de cobre, aluminio y hierro, y los elementos que resultan en una degradación de los metales al reciclado
- Incineración más segura
 - R87: Cuantos más materiales tóxicos haya en el producto, más deberá pagar el responsable del mismo para su incineración. Por lo tanto los elementos tóxicos deben estar concentrados y ser fácilmente removibles de tal manera que puedan sacarse y ser tratados como una corriente de residuos separada, pagándose solamente por el tratamiento de esa masa menor
- ❖ Guía para la estructura del producto
 - a) Diseñar un producto multifuncional
 - b) Minimizar el número de partes. Crear partes multifuncionales
 - c) Evite fuentes separadas, poleas o arneses. En su lugar, insertar estas funciones en partes

- d) Haga diseños tan modular como sea posible, con separación de funciones
- e) Diseñar una plataforma reutilizable y módulos reutilizables
- f) Localizar partes no reciclables en un subsistema que se puede quitar rápidamente
- g) Localizar partes de mayor valor en lugares accesibles, con una dirección de extracción optimizado
- h) Diseñar de partes para estabilidad durante el desensamble
- i) En partes plásticas evitar inserciones metálicas incrustadas o refuerzos
- j) Accesos y puntos de quiebre deben hacerse evidente
- k) Especificar piezas remanufacturadas
- l) Especificar contenedores reutilizables para transporte o los consumibles en el producto
- m) Potenciar el diseño bajo características para los diferentes subsistemas en un producto cuando no están en uso
- n) Partes individuales a tanto alzado con el mismo material
- ❖ Guía para la selección de materiales
 - a) Evitar materiales restringidos regulados
 - b) Minimizar el número de diferentes tipos de materiales
 - c) Para las piezas acopladas, estandarizar en el mismo o un material compatible. Eliminar materiales incompatibles
 - d) Usar materiales reciclados
 - e) Usar materiales que pueden ser reciclados, lo más puros que sea posible
 - f) Evitar materiales compuestos
 - g) Usar metales de baja aleación que son más reciclables que los de altas aleaciones
 - h) Si metales de la misma base puede ser usado, diferentes metales pueden ser unidos
 - i) Partes peligrosas deben estar claramente marcadas y fáciles de retirar
- ❖ Guía para etiquetado y acabado
 - a) Garantizar la compatibilidad de la tinta cuando se requiere imprimir en contradicción
 - b) Eliminar pinturas incompatibles en partes, usar etiquetas impresas o insertadas
 - c) Usar la documentación del componente electrónico
 - d) Minimizar el número de sujetadores
 - e) Los puntos de sujeción debe ser fácil de acceso
 - f) Sujetadores a presión deben ser evidentemente localizados y capaces de ser quitados con herramientas estándar
 - g) Tratar de usar sujetadores de materiales compatibles con las partes conectadas
 - h) Si dos partes no son compatibles, hacer que sean fáciles de separar
 - i) Eliminar adhesivos a menos que sean compatibles con las dos partes que son unidas
 - j) Minimizar la cantidad y longitud de los alambres o cables de interconexión
- ❖ Guía para completar productos ambientalmente responsables
 - a) Utilizar materiales que sean menos tóxicos y más ambientalmente preferibles para la función realizada
 - b) Minimiza el uso de materiales con suministro restringido
 - c) Utilizar materiales reciclados dondequiera que sea posible
 - d) Minimizar el uso de materiales en cuya extracción se consume mucha energía
 - e) Evitar el uso de materiales cuyo transporte requiere un significativo uso de energía
 - f) Evitar la producción de residuos cuyo reciclaje implique mucha energía

- g) Minimizar materiales cuya extracción o purificación involucra la producción de muchos residuos sólidos
 - h) Evitar materiales cuyo transporte resulte en residuos sólidos significantes
- 1) Incorporar el concepto del ciclo de vida en el proceso de desarrollo del producto.
 - 2) Evaluar la eficiencia y la eficacia de los recursos de todo el sistema.
 - 3) Seleccionar las métricas apropiadas para representar el rendimiento del ciclo de vida del producto.
 - 4) Mantener y aplicar un portafolio de estrategias de diseño sistemáticas.
 - A. Diseño para desmaterialización
 - a. Diseño para conservación de energía y materiales
 - i. Reducir la intensidad de uso de recursos en el ciclo de vida. Analizar la huella ecológica de la cadena de suministro e incentivar a los proveedores para disminuirla, así como en el transporte y el uso de energía.
 - ii. Especificar los materiales reciclados o renovables.
 - iii. Utilizar componentes reutilizados o renovados
 - iv. Extender de la funcionalidad del producto
 - v. Extender la vida del producto
 - b. Diseño para la reducción de recursos
 - i. Reducir el tamaño y masa del producto
 - ii. Reducir la escala del proceso, es decir desarrollar procesos más eco-eficientes
 - iii. Reducir del uso de material auxiliar y de embalaje
 - c. Diseño para el servicio
 - i. Servicios de gestión de recursos de los proveedores
 - ii. Arrendar los servicios de los productos a los clientes.
 - iii. Sustitución de servicios por productos
 - B. Diseño para desintoxicación
 - a. Diseño para reducción de liberaciones
 - i. Eliminar las sustancias tóxicas y peligrosas
 - ii. Reducir las emisiones de los procesos y los desperdicios
 - iii. Reducir del flujo de residuos del ciclo de vida
 - b. Diseño para reducción de productos peligrosos
 - i. Reformular del producto
 - ii. Reducir del uso de materiales tóxicos y peligrosos
 - iii. Usar tecnologías basadas en agua
 - c. Diseño para una buena disposición de residuos
 - i. Tratamiento y disposición responsable
 - ii. Aislar los desperdicios
 - iii. Adsorción del ecosistema
 - iv. Productos biodegradables

C. Diseño para revalorización

- a. Diseño para la recuperación del producto
 - i. Utilización secundaria del producto
 - ii. Componentes y embalaje reusables
 - iii. Renovar los componentes o el producto
 - iv. Remanufacturar el producto
- b. Diseño para el desensamble del producto
 - i. Diseño simple y sencillo
 - ii. Secuencia de desensamble
 - iii. Accesibilidad de componentes
 - iv. Separabilidad de componentes y materiales
- c. Diseño para la reciclabilidad
 - i. Recuperación de materiales en el fin de vida del producto
 - ii. Reciclado de materiales en circuito cerrado
 - iii. Composición y homogeneidad de los residuos
 - iv. Sinergia de los productos y la ecología industrial

D. Diseño para la protección de capital y renovación

- a. Diseño para el capital humano
 - i. Seguridad e higiene, y un lugar de trabajo ergonómicos
 - ii. Seguridad, integridad y eficacia del producto
 - iii. Seguridad y bienestar del público
- b. Diseño para el capital natural
 - i. Mitigación del cambio climático
 - ii. Protección de los recursos hídricos
 - iii. Integridad de ecosistemas y protección de la biodiversidad
 - iv. Conservación y restauración del suelo
- c. Diseño para el capital económico
 - i. Fiabilidad y seguridad del proceso
 - ii. Continuidad del negocio y resiliencia de la cadena de suministro
 - iii. Utilización de activos y productividad de los recursos
 - iv. Protección de la reputación y de la marca

- 5) Usar métodos de análisis para evaluar el rendimiento y las pérdidas.
- 6) Proveer de software para facilitar la aplicación de las prácticas del diseño para el ambiente.
- 7) Buscar inspiración de la naturaleza para el diseño de productos y sistemas.