



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**MAESTRÍA EN DISEÑO INDUSTRIAL
POGRADO EN DISEÑO INDUSTRIAL
CAMPO DE CONOCIMIENTO: TECNOLOGÍA**

POLÍMEROS INTELIGENTES EN EL DISEÑO INDUSTRIAL

TESIS QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE MAESTRO EN DISEÑO INDUSTRIAL PRESENTA:

ERICK IROEL HEREDIA CARRILLO

TUTOR PRINCIPAL

MTRO. ÁNGEL MAURICIO GROSO SANDOVAL. FACULTAD DE ARQUITECTURA

MIEMBROS DEL COMITÉ TUTOR

MDI. GUILLERMO GAZANO IZQUIERDO. FACULTAD DE ARQUITECTURA

DR. MIGUEL EGUILUZ SENIOR. FACULTAD DE ARQUITECTURA

DR. OSCAR SALINAS FLORES. FACULTAD DE ARQUITECTURA

**DR. MIKHAIL ZOLOTUKHIN. INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN MATERIALES.
PROGRAMA EN MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS QUÍMICAS.**

MÉXICO D.F. NOVIEMBRE 2013



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Polímeros Inteligentes en el Diseño Industrial.

ERICK IROEL HEREDIA CARRILLO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Maestría en Diseño Industrial

Posgrado en Diseño Industrial

México D.F. 2013



TUTOR PRINCIPAL

MTRO. ÁNGEL MAURICIO GOSO SANDOVAL.
FACULTAD DE ARQUITECTURA

MIEMBROS DEL COMITÉ TUTOR

MDI. GUILLERMO GAZANO IZQUIERDO.
FACULTAD DE ARQUITECTURA

DR. MIGUEL EGUILUZ SENIOR. FACULTAD DE
ARQUITECTURA

DR. OSCAR SALINAS FLORES. FACULTAD DE
ARQUITECTURA

DR. MIKHAIL ZOLOTUKHIN. INSTITUTO DE
INVESTIGACIONES EN MATERIALES.
PROGRAMA EN MAestrÍA Y DOCTORADO EN
CIENCIAS QUÍMICAS.

Director de Tesis

MTRO. ÁNGEL MAURICIO GROSSO SANDOVAL.

Sinodales

MDI. GUILLERMO GAZANO IZQUIERDO.

DR. MIGUEL EGUILUZ SENIOR.

DR. OSCAR SALINAS FLORES.

DR. MIKHAIL ZOLOTUKHIN.

AGRADECIMIENTOS.

Me gustaría agradecer a mi familia que me ha acompañado y apoyado a lo largo del camino que me trae aquí el día de hoy, especialmente a mis padres , Benjamín Heredia y María Elena Carrillo, los cuales han sido mi ejemplo y guías en la vida y sin los cuales simplemente nada de esto podría haber pasado.

A mi novia Ana María, ángel que ha estado a mi lado todo este tiempo, acompañándome en cada paso de mi formación.

También me gustaría agradecer a todos mis amigos, que me han llenado de alegrías y recuerdos y me han ayudado a ser quien soy hoy en día.

Por otra parte me gustaría agradecer a la UNAM y al Posgrado de Diseño por generar las facilidades académicas para desarrollar este trabajo.

Al CONACYT por apoyarme a través de la beca para poder desarrollar esta tesis.

A mis sinodales y tutores que me ayudaron a encaminar esta investigación desde sus inicios, orientándome a encontrar el rumbo cuando no sabía hacia dónde dirigir la investigación y alentándome a seguir en la investigación.

RESUMEN

En el presente trabajo se analiza el uso de los polímeros inteligentes en la generación de productos industriales, estudiando especialmente la viabilidad de su aplicación en la industria mexicana.

Se estudia la forma en que el proceso de diseño es afectado por el conocimiento (o desconocimiento) de una amplia gama de materiales y herramientas, que permiten al diseñador ofrecer soluciones innovadoras.

Así mismo como producto de la investigación se genera un polímero inteligente fotocrómico a base de poliestireno expandido postconsumo (denominado Poliestireno Inteligente Reciclado). El cual es aplicado en el desarrollo de un producto industrial que sirve como caso de estudio sobre las características especiales del uso de los polímeros inteligentes en México

Dicho caso de estudio engloba una serie de factores interdisciplinarios, entre los cuales podemos remarcar aquellos de la Administración de la Tecnología (estudios de viabilidad financiera y de negocios), Ciencias de Materiales (desarrollo del polímero inteligente, análisis de características y proceso de obtención) y por supuesto de Diseño (configuración del producto).

Como resultado de este análisis se encuentran una serie de elementos que describen las necesidades específicas que permiten el uso de los polímeros inteligentes en el desarrollo de objetos para el mercado mexicano, entre los que podemos encontrar:

- La dependencia tecnológica del extranjero
- La falta de difusión en México sobre los Polímeros Inteligentes.
- La oportunidad latente de innovación para aquellos profesionistas formados con el conocimiento de estos polímeros.
- La necesidad de actualizar los diversos herramientas para la transformación de estos materiales

CONTENIDO.

	1. Introducción	8
	2. El conocimiento de los polímeros inteligentes como generadores de innovación	11
	3. Definiciones y primeras nociones: Polímeros y Materiales Inteligentes	17
	3.1. ¿Qué es un Polímero y un Plástico?	18
	3.2. Historia general de los plásticos	20
	3.3. ¿Que son los Materiales Inteligentes?	23
	3.4. Criterios de selección de polímeros. ¿Qué polímero debo usar para lo que deseo hacer?	24
	4. Los polímeros inteligentes	26
	4.1. Panorama histórico de los polímeros inteligentes	28
	4.2. Impacto de los polímeros inteligentes en la vida cotidiana	30
	4.3. Taxonomía de los polímeros inteligentes.	34
	4.3.1. Polímeros con Propiedades Visuales	36
	4.3.1.1. Electrocrómicos	36
	4.3.1.2. Termocrómicos	36
	4.3.1.3. Hidrocrómicos	37
	4.3.1.4. Luminiscentes	37
	4.3.1.5. Fotosensibles	37
	4.3.2. Polímeros con propiedades Eléctricas	38
	4.3.2.1. Electroconductores	38
	4.3.2.2. Electroactivos	38
	4.3.3. Polímeros con propiedades de cambio de forma	39
	4.3.3.1. Expansión / Contracción	39
	4.3.3.2. Flexión	39

4.4. Hidrogeles	40
4.5. Degradación	41
4.6. Aplicaciones actuales de los polímeros	45
4.7. Aplicaciones prospectivas de los polímeros	52

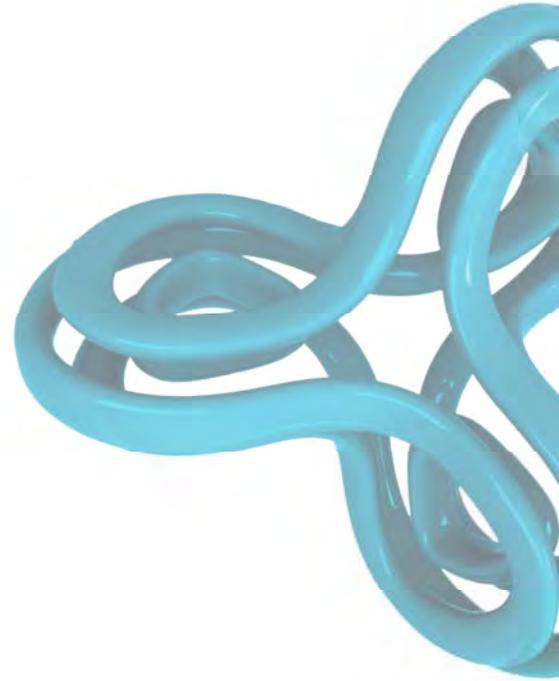
Comprobación Práctica.

 5. Caso práctico: Desarrollo y uso de Poliestireno Inteligente Reciclado (PIR)	56
5.1. Aplicación del PIR	59
5.2. Metodología de evaluación del caso práctico	59
5.3. Perfil de Diseño de Producto (PDP)	65
5.4. Propuesta de diseño	73
5.4.1. Ilustración de producto	75
 6. Evaluación de factibilidad del proyecto	79
6.1. Método CANVAS para la generación de negocios	80
6.2. Estado financiero proyectado proforma	93
 7. Discusión y conclusiones.	102
 8. Anexos	107
8.1. Planos de producto	109
8.2. Glosario básico de propiedades de los polímeros	115
8.3. Metodología de investigación tecnológica para el reciclado y enriquecimiento de poliestireno expandido (EPS) para su uso como material inteligente	121
8.4. Pruebas y características del Poliestireno Inteligente Reciclado (PIR)	132
 9. Bibliografía	135

1

Introducción

El diseño, específicamente el industrial tiene la encomienda de brindar respuestas a diversas problemáticas mediante la creación de objetos, transformando materiales mediante el uso de maquinaria y equipo, es por esto que mientras más se busque ampliar el catálogo disponible de los mismos, el diseñador podrá enriquecer sus propuestas y con ello brindar soluciones idóneas a las necesidades con las que se enfrente.



Introducción

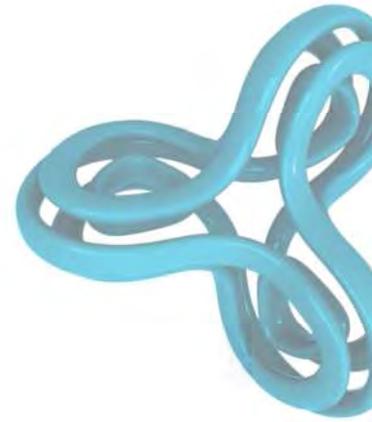
OBJETIVO GENERAL

Se busca conocer los factores que permitan la utilización de los nuevos materiales plásticos conocidos como “polímeros inteligentes” en el diseño de productos en la industria mexicana.

Desarrollar una investigación sobre los diversos tipos de polímeros inteligentes que permita sintetizarlos para ser consultados por estudiantes o profesionales del diseño de productos que requieran información práctica, concisa y en un lenguaje accesible sobre las propiedades de estos materiales.

En este mismo documento se reportaran las propiedades específicas que hacen que estos materiales sean catalogados como *Polímeros Inteligentes* o también llamados *Materiales Activos* o *Materiales con Respuesta a Estímulos*, discutiendo el uso de dichos términos para denominar estos materiales.

Como herramienta de verificación de la factibilidad de uso de estos materiales en la industria mexicana se desarrollará un objeto que tenga como material primordial alguno de los polímeros inteligentes estudiados.



Posteriormente el producto será evaluado en términos funcionales, ergonómicos, productivos y estéticos, asentando todo esto en la memoria descriptiva del objeto, la cual incluirá toda la información necesaria para su producción.

El último paso en la investigación será la el desarrollo del Plan de Negocios, en el cual se describirá el producto, los métodos de su procesamiento, programa de producción, maquinaria e instalaciones, análisis de costos del producto, estudio básico de mercado, perfil del consumidor, y planeación financiera.

ALCANCES

Como resultado de esta investigación se entregaran una serie de productos que son:

- Documento de investigación sobre Polímeros Inteligentes.
- Proceso de investigación de PIR (Poliestireno Inteligente Reciclado).
- Prototipo funcional de producto en base a Polímeros Inteligentes
- Plan de Negocios de producto.

LÍMITES DE LA INVESTIGACIÓN

A pesar de que la investigación en nuevos materiales es continua, muchos de los productos resultantes son publicados mediante artículos en revistas indexadas, tesis de posgrado o patentes donde el lenguaje utilizado o la información que brindan no son útiles de primera mano para el diseñador industrial que busca un rápido acceso a las características del material al momento de proponerlo para la fabricación de los productos.

“Además, se ha demostrado que existen bastantes materiales que aún se encuentran en fase de laboratorio y su aplicación necesita más investigación o la reducción importante de los costes de obtención, ya que actualmente superan, ampliamente el incremento de valor que suponen para el cliente final”¹

Otra limitante de la investigación es la amplia información generada día con día, de manera que será imposible mantener el conocimiento totalmente actualizado, además muchas de las investigaciones se encuentran en proceso de ser concluidas, y por lo tanto la información disponible de ellas es muy limitada, tal como lo dice Patrick Mather, “Podemos decir con seguridad que la investigación en esta área está floreciendo con un gran nivel de innovación, sin embargo están muy lejos de la madurez, y hemos observado una necesidad

de futura investigación en un amplio número de áreas”²

¹ Zamora Álvarez, Tomás. Viabilidad de los materiales inteligentes en el mobiliario de oficina. *Revista de Biomecnica*, 50 (Julio 2008), 19-23.

² Mather, Patrick T. Shape Memory Polymer. *Annual Review of Materials Research*, 39 (2009), 445-471.

2

El

conocimiento

de los

polímeros

inteligentes

como

generadores

de innovación



El conocimiento de los polímeros inteligentes como generadores de innovación

Julián Naranjo define el diseño como “el proceso proyectual que transita entre la ingeniería y el arte, la racionalidad y la intuición, en donde el diseñador cumple un rol facilitador entre la problemática y la solución. El que a través de su conocimiento, experticia, educación, talento, cultura, experiencia, background e inteligencia emocional, le entrega una impronta única a la solución”³, como podemos ver claramente a partir de esta definición el diseñador como individuo tiene

³ Simón Sol, G. (2009). *Más de 100 definiciones de diseño: principales conceptos sobre el diseño y la actividad de los diseñadores*. México: UATEM.

una influencia clave en el diseño como disciplina, ya que mediante sus conocimientos y cultura, en otras palabras su trasfondo es como se configuran los diseños.

Para poder ofrecer ideas frescas el diseñador se vale de una serie de habilidades que le permiten utilizar sus conocimientos e imaginación como parte del proceso creativo para configurar nuevas alternativas.

Cabe recordar que este proceso creativo ha sido estudiado a lo largo del tiempo ofreciendo diferentes enfoques siendo hoy en día el más aceptado el de Csikszentmihalyi⁴, en el cual el proceso creativo (es decir uno de los procesos mentales que ocurren para obtener una solución novedosa) es marcado por una serie de fases sucesivas las cuales son:

- Preparación: Durante esta fase el tema despierta la curiosidad del sujeto, teniendo en cuenta experiencias previas, que incluyen la niñez, los estudios, la fantasía, los juegos, es decir en esta etapa el entorno y las experiencias personales plantean el problema a resolver.
- Incubación: durante esta fase el individuo analiza profundamente el problema utilizando para ello el subconsciente
- Iluminación: Durante esta fase la respuesta brindada por el subconsciente pasa al consciente, haciendo que el individuo se dé cuenta de la opción o idea nueva,

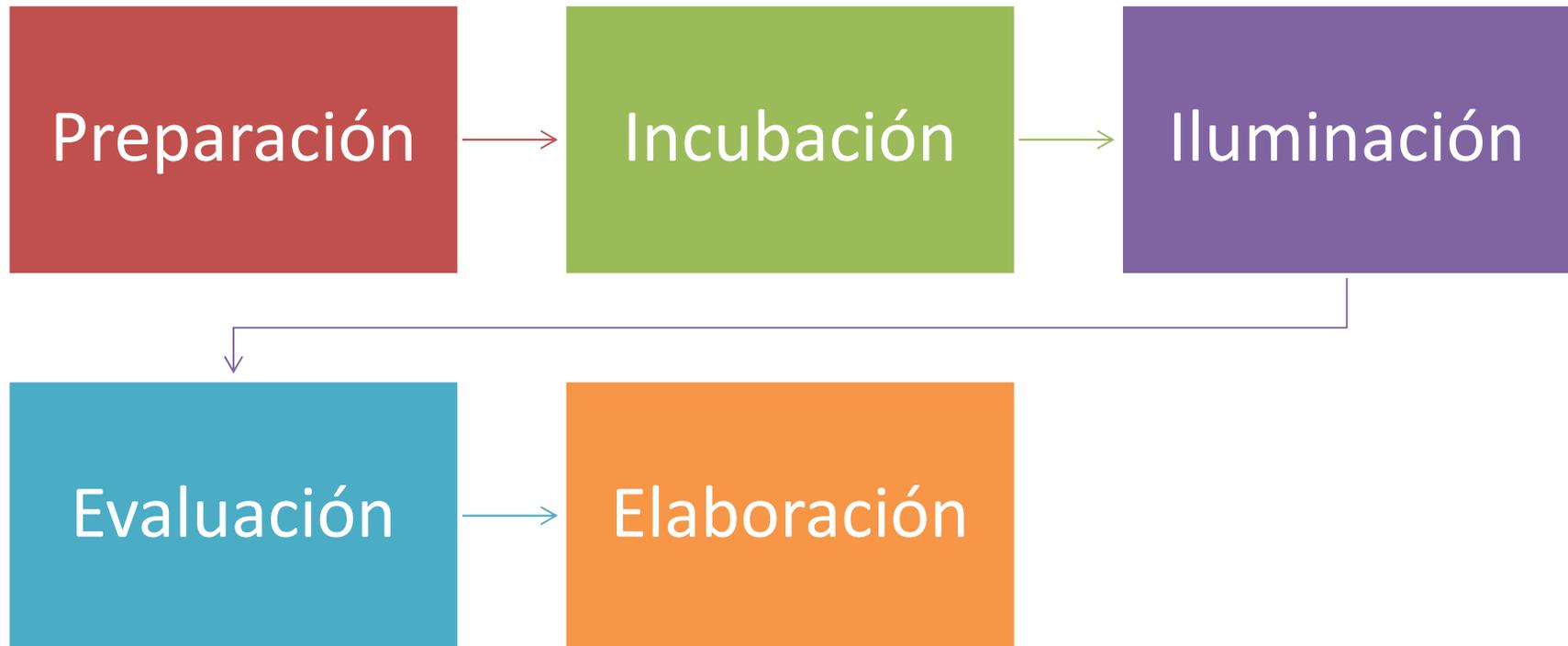
⁴ CSIKSZENTMIHALYI, M. (1998): *Creatividad. El flujo y la psicología del descubrimiento y la invención*. Barcelona: Paidós.

es decir en esta fase uno concientiza las opciones sin saber cómo llegar a ellas. Este desconocimiento de los métodos es lo que diferencia al proceso creativo del lógico, en el cual una serie de razonamientos consientes llevan al resultado.

- Evaluación: Utilizando como filtro la autocrítica se discierne sobre la pertinencia de la solución presentada y en su caso se decide aplicarla o reiniciar el proceso.
- Elaboración: Es la puesta en práctica de la solución, concretando en el mundo tangible las ideas del creativo.

Como se menciona durante el proceso creativo, las experiencias y conocimientos del diseñador ayudan a dar forma a la problemática mediante el proceso creativo, sin embargo esta no es la única forma en el que se proyectan ideas novedosas ya que el diseñador utiliza también los procesos de la lógica y del análisis consecutivo para obtener dichas ideas. En ambos caminos (proceso creativo y proceso lógico) logramos ver la importancia de los conocimientos previos con los que cuenta el diseñador.

Fases del proceso creativo de acuerdo a Csikszentmihalyi



Entre estos conocimientos encontramos el conjunto de experiencias sensoriales (las imágenes, sonidos, aromas, sabores y texturas que ha experimentado el diseñador a lo largo de su vida), y los conocimientos que se tengan sobre las condiciones de la problemática, finalmente de las tecnologías disponibles en su situación histórica, geográfica y cultural.

Para explicar esto analizaremos un ejemplo clásico, se pide al diseñador que piense una nueva luminaria a base de flama (candelabro, porta velas, etc.) que será utilizada en el ámbito urbano occidental como adorno e iluminación de remplazo en caso de cortes eléctricos.

Con estos pocos datos (para evitar complicar el ejemplo) el diseñador comienza a investigar productos que realicen la función que le han solicitado, investigar igualmente a la competencia, al mercado y otros factores, para finalmente ofrecer como propuesta una *Antorcha portátil a base de aceite con forma de flor de alcatraz elaborada en cerámica esmaltada*

¿Por qué esa solución se le ocurrió al diseñador?, ¿Acaso no podría haber tenido otra forma, otro combustible, otro material? La respuesta es clara, por supuesto habría podido ser de otras mil formas y materiales, sin embargo el diseñador DESARROLLÓ esa COMBINACIÓN por parecerle la mejor respuesta a las necesidades del cliente, tomando como base muchos razonamientos que se describen a continuación en el ejemplo.

El diseñador había observado (es decir estaba en su banco sensorial) que el fuego de las velas al consumirse calentaba el contenedor en el cual fueran apoyadas y podría quemar la mano del usuario, además derramaba una sustancia caliente, debía ser portable y fácil de ubicar en superficies planas (conocimiento de la problemática) entonces DECIDIÓ que debería mantener la flama lejos de la mano del usuario y que además debía evitar derramar sustancias calientes, e igualmente el material del que estuviera fabricado debía soportar cierto calor y contar con determinadas cualidades estéticas que respondieran al contexto del mercado (Conocimiento de las tecnologías disponibles y de la cultura)

Una vez decididas las características básicas del objeto el diseñador tomo nuevas decisiones que le ofrecieran una ventaja competitiva al producto, entre ellas la configuración formal, inspirada en la flor de alcatraz (*Zantedeschia aethiopica*), el material y proceso a generar y dejar de lado la parafina clásica optando por una antorcha de aceite.

En este sencillo ejemplo podemos observar como el proceso de diseño y con ello la innovación que este puede ofrecer, proviene de una serie de elecciones que el diseñador toma en base a las herramientas con las cuales cuenta, por lo tanto al aumentar el número de recursos se mejoraran las características de los productos diseñados.

En el ejemplo, si el diseñador no conociera las flores de alcatraz seguramente su concepto base hubiera sido distinto, igualmente si proviniera de otra cultura o si conociera otros

materiales resistentes a la alta temperatura y como transformarlos.

Es en este último punto que el proceso de divulgación de la ciencia de materiales cobra importancia, ya que en múltiples ocasiones los desarrollos e investigaciones en esta área (como en casi todas) no logra ser llevado a los responsables de la generación de soluciones, haciendo que dichas investigaciones queden únicamente en el ámbito académico sin repercutir en la vida cotidiana, dejando a la vanguardia a las grandes empresas que cuentan con sus propios departamentos de investigación y desarrollo. Sin embargo en países como México la mayor parte de la industria no cuenta con dichos departamentos de Investigación y Desarrollo (I+D) , esto tomando en cuenta que las PyMEs constituyen el 97% de las empresas en México, generadoras de empleo del 79% de la población, generando a su vez ingresos equivalentes al 23% del Producto Interno Bruto⁵, por lo cual la brecha tecnológica se incrementa cada vez más con aquellos países que fomentan la cultura de la investigación, haciendo que la tecnología deba ser importada de dichos países.

Actualmente múltiples avances en la investigación de materiales han permitido sintetizar los polímeros inteligentes es decir

⁵. LAS PYMES en México (04 de 03 de 2012). Obtenido de PEPE Y TOÑO:
http://www.pepeytono.com.mx/crea_tu_empresa/las_pyemes_en_mexico

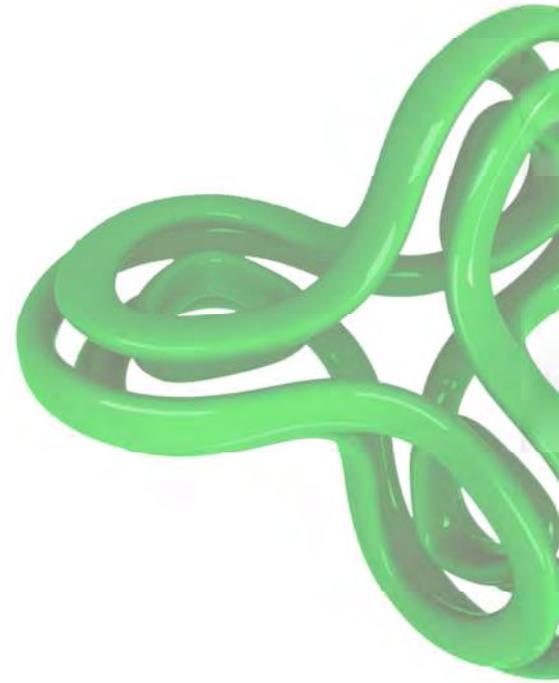
polímeros que reaccionan a estímulos generando efectos que en muchas ocasiones requerían anteriormente una serie de complejos mecanismos para realizarse, como son el cambio de forma, color, o incluso disolución en sustancias específicas.

Estos polímeros son casi desconocidos para los diseñadores industriales, quienes principalmente son educados en el uso de los llamados *Commodities* (Polietileno Tereftalato (PET), Polipropileno (PP), Poliestireno (PS), Polietileno de alta y baja densidad (HDPE, LDPE), Policloruro de Vinilo (PVC)) y en algunos plásticos y compuestos de *Ingeniería* (Acrilonitrilo Butadieno Estireno (ABS), Policarbonato (PC), Polimetilmetacrilato (PMMA)) dejando de lado muchos plásticos más entre ellos los denominados *Inteligentes*.

Llama la atención que siendo los plásticos materiales desarrollados durante el siglo XX y cuyo uso fue ampliamente difundido a los diseñadores no se les forme más que en el uso básico de los mismos y en materiales con más de 40 años de creados dejando a un lado los más novedosos, limitando las respuestas proyectuales que puedan ofrecer. Muchas de las ocasiones esto se debe a la inconmensurabilidad entre las diversas disciplinas encargadas de la generación de estos materiales y el diseño, siendo de suma importancia introducir al diseñador de forma comprensible en su vocabulario e intereses en estos materiales a manera que puedan utilizarlos en sus proyectos y generen así propuestas innovadoras que compitan a nivel mundial y permitan el desarrollo del país.

3.

Definiciones y primeras nociones: Polímeros y Materiales Inteligentes



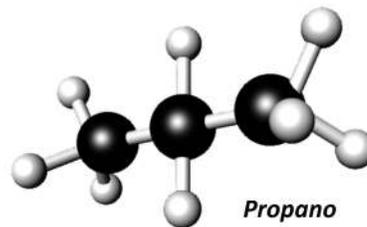
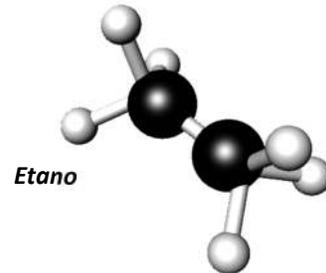
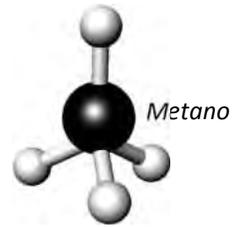
Para comprender a los polímeros inteligentes es bueno conocer las bases de las cuales parten. En este caso es hablar sobre los polímeros, su historia así como la de los materiales inteligentes, el uso del término para designarlos e incluso su impacto en la vida cotidiana.

POLÍMEROS Y MATERIALES INTELIGENTES

3.1 ¿QUÉ SON LOS POLÍMEROS Y LOS PLÁSTICOS?

Químicamente, los polímeros son moléculas de cadena larga de muy alto peso molecular medido en cientos de miles de unidades entrelazadas, es por esto que se les llama macromoléculas.

Esto quiere decir que son cadenas de moléculas que se agregan unas a otras en cientos de miles, formando nuevos componentes mientras más grande es la cadena, un ejemplo de esto es el Metano, el Etano y el Propano, tres diferentes compuestos formados por la adición de una misma estructura.

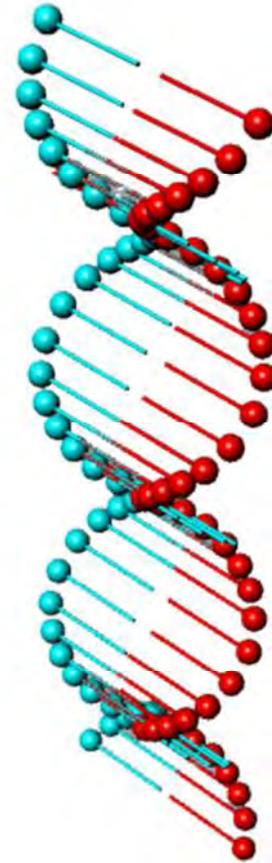


Ejemplo de diversos compuestos formados por una misma estructura.

Aunque generalmente se utilizan los términos “plástico” y “polímero” como sinónimos, plástico hace referencia a cualquier material que puede moldearse fácilmente, mientras que polímero clasifica a una sustancia por su estructura molecular.

A pesar de que todos los plásticos comerciales conocidos contienen polímeros, algunas de las biomoléculas más importantes como las proteínas, el almidón e incluso el ADN también pueden incluirse dentro del conjunto de los polímeros pero no en el de los plásticos.⁶

Así pues para tener un término más preciso de lo que es un plástico diremos que se trata de un polímero regularmente sintético al cual se le agregan una serie de componentes llamados *Aditivos*, los cuales modifican las propiedades de la macromolécula. Algunos de estos aditivos permiten la pigmentación del material, el cambio de sus propiedades mecánicas, ópticas, incluso de conducción o aislamiento eléctrico entre otras.



El ADN es un polímero pero no un plástico

⁶ Sosa, A. M. Los Plásticos: Materiales a Medida. *Como Ves* **2003**, No. 43, 22-25

3.2 HISTORIA GENERAL DE LOS PLÁSTICOS

Los primeros polímeros fueron productos naturales especialmente el algodón, lana y algunas proteínas, al iniciar el siglo XX se produjeron los primeros polímeros sintéticos, entre ellos la Baquelita y el Nylon, los cuales demostraron las grandes posibilidades que estos nuevos materiales podían ofrecer. Sin embargo los investigadores de esa época probablemente no comprendían la relación entre las bases moleculares y la estructura final del material.⁷ Muchos de los Polímeros son cristalinos y en ellos la forma y distribución de los cristales determina el comportamiento del material, otros son amorfos, es decir frecuentemente sus cadenas moleculares son muy irregulares como para organizarse, todo esto influye en las características físicas y químicas de un material, lo cual es muy importante para su elección en la creación de productos.

Dejando atrás los polímeros naturales, la primera evidencia de un plástico descubierto por el hombre data hacia 1786 cuando comienzan los estudios sobre el estorax que es un bálsamo obtenido del árbol *Liquambar orientalis*, este compuesto es el precursor del estireno y por consiguiente del poliestireno y de las resinas poliéster, posteriormente durante el siglo XIX se descubrieron el caucho, la caseína, la ebonita y el celuloide, materiales considerados como los antecesores o padres de los plásticos modernos.



Estorax, bálsamo obtenido del árbol Liquambar orientalis, este compuesto es el precursor del estireno.

⁷ Sperling, L. H. *Introduction to Physical Polymer Science*, 4th ed.; Wiley-Interscience, 2005; p 880

La bakelita fue el primer polímero completamente sintético, fabricado por primera vez en 1909. Recibió el nombre de su inventor, el químico estadounidense Leo Baekeland. La baquelita es una resina de fenolformaldehído obtenido de la combinación del fenol (ácido fénico) y el gas formaldehído en presencia de un catalizador; si se permite a la reacción llegar a su término, se obtiene una sustancia bituminosa marrón oscura de escaso valor aparente. Pero Baekeland descubrió, al controlar la reacción y detenerla antes de su término, un material fluido y susceptible de ser vertido en moldes.⁸

La creciente demanda por parte de una sociedad cada vez más consumista estimuló la producción masiva de objetos de plástico. Otro momento clave en la historia de los plásticos tuvo lugar en 1915 cuando se descubre la formación de polímeros por el encadenamiento molecular, lo que recibió el nombre de copolimerización. Esto supuso la creación de una mayor variedad de plásticos que se adecuarían a una cada vez más amplia gama de fines.

En los 30's se consigue el desarrollo industrial de los polímeros más importantes de nuestra actualidad como el PVC (policloruro de vinilo), el poliestireno, las poliolefinas y el polimetacrilato de metilo (acrílico), en esta década la investigación con el poliéster gira alrededor a su aplicación como pinturas y barnices. Surgen también los llamados plásticos reforzados con fibras de vidrio de pequeño diámetro, aptas para ser tejidas, como resultado de las investigaciones iniciadas algunos años antes por la Owens-Illinois Glass Co., seguida pronto por Modigliani en Italia, y la Saint-Gobain en Francia⁹



Leo Baekeland

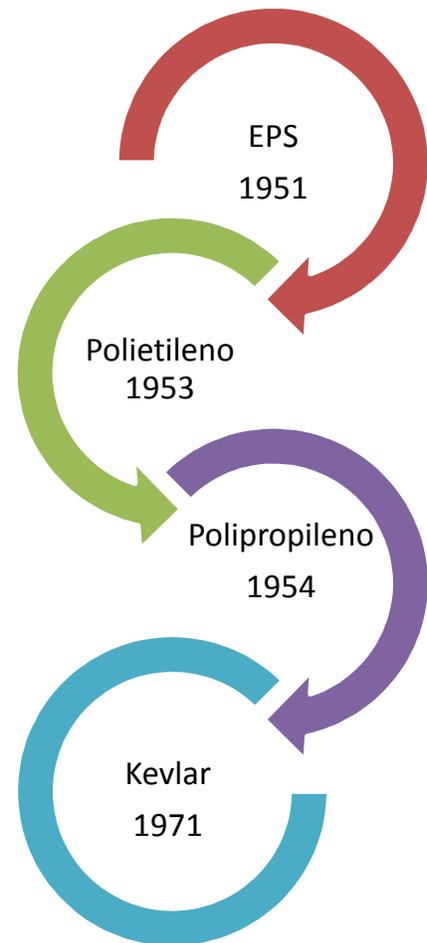
⁸ Miravete, Antonio "Los nuevos materiales en la construcción". Editorial Reverte .2ª Ed. Universidad de Zaragoza , 1995

⁹ D'ars ie , Duilio. "Los plásticos reforzados con fibras de vidrio". Ed. Distal-Mitre . 9ª Edición. Argentina

En este tiempo se descubren una serie de polímeros y por consiguiente de plásticos revolucionarios como son las poliamidas cuyo nombre comercial es el Nylon, descubierto en 1928 por Carothers. El politetrafluoretileno cuyo conocido como Teflón, el cual nació casualmente gracias a Roy S. Plunkett cuando trabajaba para la DuPont en 1938. La empresa Bayer alemana descubre los poliuretanos, la Dow Corning y la General Electric desarrollan las aplicaciones de las siliconas, las resinas epóxicas se empleaban como adhesivos con el nombre de Araldit.

En 1951 se desarrolla el Poliestireno Expandido por la compañía Basf A.G., así mismo la compañía DuPont en 1971 desarrolla el Kevlar. Desde 1953 se desarrolla el Polietileno y un año más tarde el Polipropileno, ambos materiales altamente utilizados hoy en día en la industria.

Los programas I + D (Investigación y desarrollo) crean constantemente nuevos materiales. Se perfeccionan la maquinaria y los medios productivos para los plásticos, se suceden avances en cuanto a los plásticos reforzados y materiales compuestos (“composites”), se descubren nuevos tipos de aditivos para polímeros y los que han nacido recientemente tienen sus propiedades aún más potenciadas como la aplicación a temperaturas más elevadas, resistencia al dañado por el uso, con mayores resistencias mecánicas y módulos elásticos así como más resistencia a los agentes químicos y a la corrosión.¹⁰



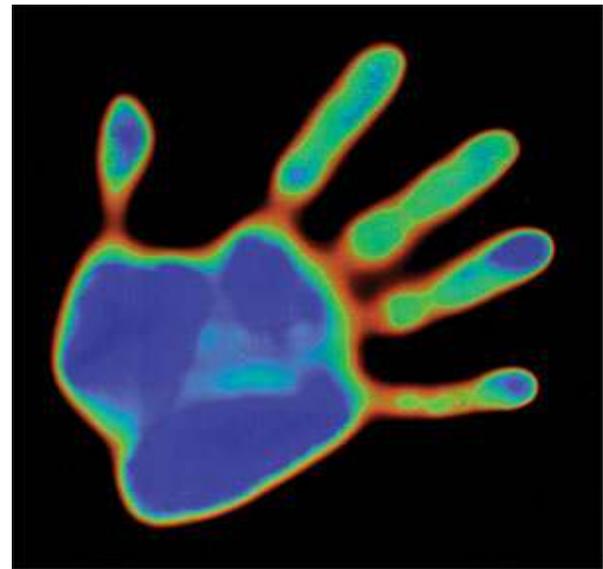
Cronología básica de polímeros

¹⁰ García, S. Referencias histórica y evolución de los plásticos. Revista Iberoamericana de Polímeros 2009, 10 (1), 10.

3.3 ¿QUÉ SON LOS MATERIALES INTELIGENTES?

Un material inteligente se define como aquel que responde ante un estímulo exterior cambiando sus propiedades, apariencia o incluso su forma. El interés por los materiales inteligentes ha aumentado rápidamente desde finales de 1980. En la literatura anglosajona la terminología en este tema varía, coexistiendo dos términos: “intelligent materials” y “smart materials”, denominándose algunas veces “adaptive materials”. También se han encontrado términos como “stimuli responsive material” y “active materials”.

En 1988, dos investigadores de la Universidad de Michigan, Brian S. Thompson y Mukesh V. Gandhi, observaron que existían materiales que podían modificar sus propiedades para ajustarse a cambios en condiciones de servicio. Estos materiales que denominaron “Smart”, no sólo cambiaban sus propiedades sino que estaban constituidos de tal manera que “sabían” cuando debían modificarlas.¹¹



Material inteligente Termocrómico

¹¹ Serrano, Encarnación Cano. Polímeros Inteligentes. Informe de Vigilancia Tecnológica. Circulo de innovacion en materiales, tecnología aeroespacial y nanotecnología , Madrid. España, 2008.

3.4 Criterios de selección de polímeros. ¿Qué polímero debo usar para lo que deseo hacer?

Frecuentemente durante el desarrollo de proyectos de diseño con polímeros se presenta la duda sobre ¿Que polímero utilizar? , ¿Cuál sería el mejor para la aplicación? , ¿Que otras opciones existen? Y es muy común que estas dudas surjan tanto con los polímeros comerciales como con los polímeros de especialidad, ingeniería o los polímeros inteligentes, es por eso que se plantea una guía básica para tener en cuenta en este punto de proceso de diseño con polímeros

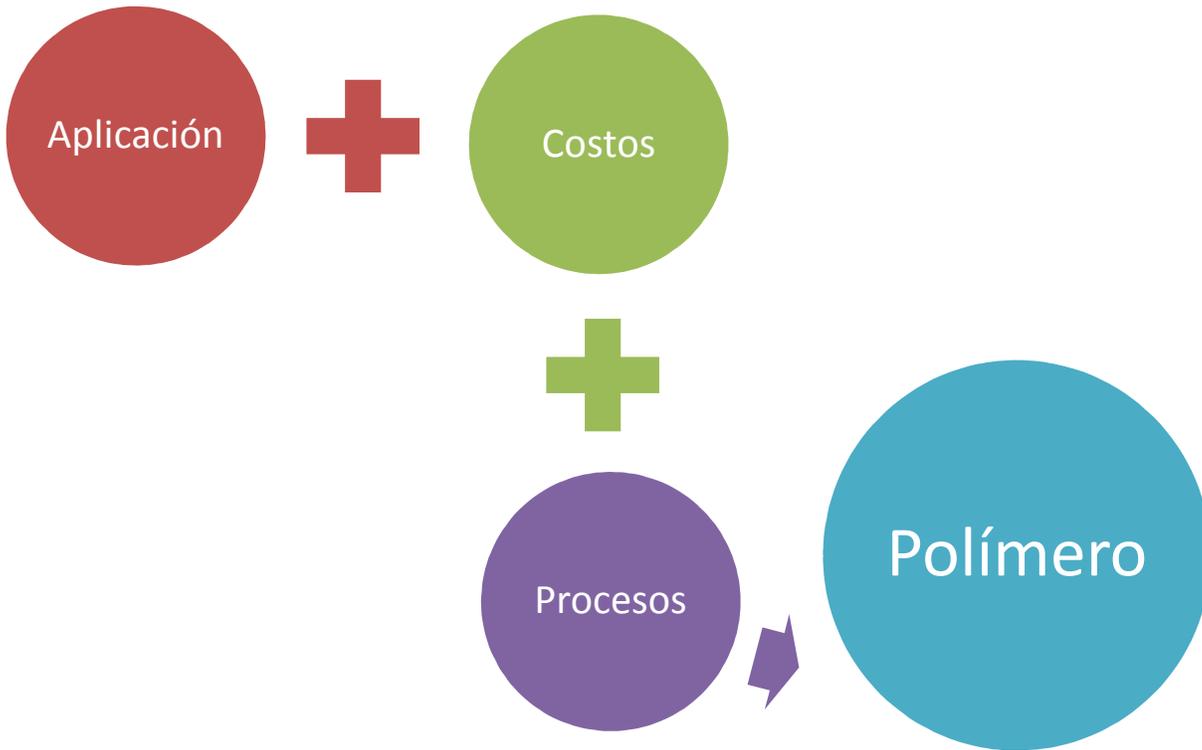
Estas preguntas tienen una respuesta compleja y que va ligada entre sí, en primer lugar deberíamos preguntarnos ¿Qué me interesa que mi polímero haga? Es decir definir la aplicación de acuerdo con ello el polímero deberá cubrir diversos requerimientos, por ejemplo para la construcción de elementos estructurales se requeriría resistencia al corte, a la fricción, al ataque químico, etc. Mientras que alguien que busque un polímero que tenga una gran capacidad como aislante eléctrico en pequeñas capas, buscara primero que estas propiedades sean las prioritarias y como es obvio no manifestará interés en las mismas que quien diseñe los elementos estructurales.

En segundo lugar es importante conocer el rango de costo que tendrá la aplicación que se está planeando, esto ayudara a decidir entre varias opciones posibles, por ejemplo, el cuerpo de un bolígrafo puede realizarse en una serie de materiales como PMMA (polimetilmetaacrilato), PS (poliestireno), PVC (policloruro de vinilo) o incluso de PC (policarbonato) sin embargo el costo de algunos de estos materiales se elevaría mucho haciendo poco comercializable el producto.

Finalmente es conveniente preguntarnos ¿Qué procesos de transformación requiero para hacer el proyecto?, esto es importante ya que la mayoría de las veces el diseñador se encuentra sujeto a los procesos con los que dispone la empresa para la que trabaja, misma que está limitada por los recursos físicos instalados, o las alianzas estratégicas con las que cuente que le permitieran en su caso realizar una subcontratación para realizar la transformación del material.

En resumen, la elección del material dependerá principalmente de La aplicación, el Costo y los Procesos de transformación disponibles.

Sin embargo cuando ya conocemos la aplicación y recurrimos a las tablas de características de los polímeros no siempre sabremos a qué se refieren los valores. Es por eso que se ha elaborado un glosario básico de las propiedades de los polímeros que puede consultarse en los anexos de éste documento.



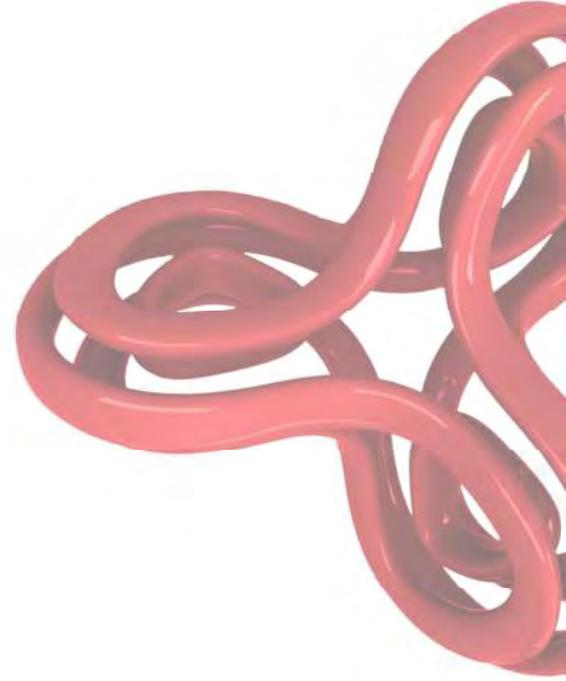
Factores a considerar en la elección de polímeros desde el Diseño Industrial

4

Los Polímeros Inteligentes

Conociendo la existencia de estos polímeros, el diseñador dispone de nuevas herramientas para responder a los requerimientos de forma innovadora, solucionando en muchos de los casos, problemáticas complejas de forma simple, al atender directamente a la estructura y características intrínsecas del material dejando de lado mecanismos complejos para realizar la misma acción.

El ahorro de estos mecanismos implica también un ahorro energético, de materiales y procesos que muchas ocasiones generan un gran impacto en el medio ambiente y costo del producto a lo largo de su ciclo de vida, siendo entonces el uso de los polímeros inteligentes una opción inicial para hacer más eficiente el desarrollo de productos.



LOS POLÍMEROS INTELIGENTES

EL CONCEPTO DE PLÁSTICO INTELIGENTE.

Los plásticos inteligentes “son aquellos que en respuesta a ligeros cambios en su entorno, como la temperatura, el pH, luz, campo eléctrico o magnético, concentración iónica, moléculas biológicas, etc. Sufren cambios drásticos en sus propiedades”¹² Otra definición es aquella que señala como material inteligente, y por lo tanto a los polímeros, como un “sistema de ingeniería hecho por el hombre que mimetiza la habilidad de la naturaleza para reaccionar ante estímulos exteriores”.¹³

Como puede verse en estas dos definiciones el concepto de polímero inteligente se refiere a los productos a base de monómeros que

¹² Serrano, Encarnación Cano. *Polímeros Inteligentes. Informe de Vigilancia Tecnológica*. Circulo de innovacion en materiales, tecnología aeroespacial y nanotecnología, Madrid. España, 2008.

¹³ Lopez Garcia, Oscar. Materiales inteligentes I/II. introduccion a los materiales del siglo XXI. *anales de mecánica y electricidad* (noviembre-diciembre 2003), 40-46.

pueden imitar la habilidad natural para responder a estímulos exteriores de manera dramática; hay que recordar que todos los materiales reaccionan al exterior de cierta manera, algunos expandiéndose al calor, otros volviéndose más dúctiles o incluso convirtiéndose en conductores eléctricos¹⁴ es por esto que surge la necesidad de enfatizar el hecho de que la reacción es mayor a la de los materiales en su estado natural y solo puede darse por la intervención humana.

También es muy discutible el uso del término “inteligente” en la designación de estos materiales, ya que la misma definición de inteligencia ha sido siempre debatida por las diversas disciplinas que la estudian, entre ellas la psicología, la biología, la cibernética, la antropología, o la neurología¹⁵, sin embargo una buena definición actual de la inteligencia es la presentada por Antoni Castello que la define como la capacidad para procesar información simbólica. Un sistema inteligente, pues, será capaz de realizar representaciones y de operar sobre las mismas. Por supuesto, de esa definición no se deriva que dicho sistema deba ser únicamente humano o que sólo puedan existir determinadas formas de representación o manipulación de representaciones. Esta misma noción se puede expandir a distintas culturas o distintos sistemas biológicos o artificiales: son inteligencias y ninguna de ellas puede ser el

¹⁴ *Ibid.*, p.40.

¹⁵ Torres, Dra. Mercé Martínez I. ¿Cómo podemos entender la inteligencia en el siglo XXI?; Una vision Psico-socio-cultural. (Barcelona 2011), Universidad de Barcelona.

arquetipo de las otras, sino sólo el arquetipo de sí mismas¹⁶

Una vez definido lo que es la inteligencia y sus características es fácil encontrar que los materiales al no poder procesar información simbólica, no deberían ser nombrados como “inteligentes”, a pesar de esto el uso del término en la literatura especializada es el más común, por lo cual deberá ser utilizado al referirnos a esta clase de materiales, viéndolo más como un sustantivo que como un adjetivo.

El término de polímeros inteligentes a pesar de ser el más utilizado no es único, ya que también suele llamarse a estos materiales, “sensibles a estímulos”, “con respuesta a estímulos”, “polímeros activos” o “materiales adaptables”¹⁷

4.1 PANORAMA HISTÓRICO DE LOS POLÍMEROS INTELIGENTES

En 1975, Helmut Ringsdorf sugirió el uso de una columna vertebral portadora de fármacos fabricada a partir de polímeros sintéticos. En 1977, Abuchowski publicó el primer artículo sobre la conjugación de polietilenglicol (PEG) para su uso en fármacos proteínicos.

La solicitud de la primera patente que se ha identificado sobre un polímero con memoria de forma, fue presentada por la compañía japonesa Nitto Electric Ind Co A Finales De 1984. Se trataba de una capa adhesiva para un refuerzo que contenía entre otros materiales un polímero con memoria de forma, que era capaz de expandirse verticalmente.

El primer polímero con memoria de forma fue desarrollado por la empresa francesa CDF Chimie Company y se le dio el nombre de polinorborno.

A finales de la década de los ochenta, aparece un artículo de revisión de Garnier sobre los polímeros conductores “funcionalizados”, donde se ilustra cómo constituyen un nuevo paso hacia los materiales inteligentes.

En 1988, Brian S. Thompson y Mukesh V. Gandhi, de la universidad de Michigan observaron que existían materiales que podían modificar sus propiedades para ajustarse a cambios en condiciones de servicio. Siendo los primeros en llamarlos “Smart”

¹⁶ Castelló, Antoni. Delimitación conceptual de la inteligencia; Un análisis de las dimensiones Física, Funcional y Conductual.. Boletín de Psicología, 74 (Marzo 2002), 7-25.

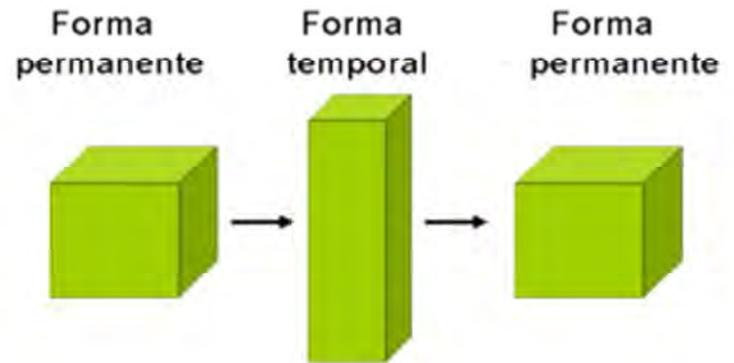
¹⁷ Serrano, Encarnación Cano. *Polímeros Inteligentes. Informe de Vigilancia Tecnológica*. Circulo de innovacion en materiales, tecnología aeroespacial y nanotecnología , Madrid. España, 2008.

Más adelante en 1989, la compañía Asahi Chem Ind Co Ltd patentó un poliuretano con memoria de forma obtenido a partir de un polidiol cristalino. El polímero se deformaba y podía recobrar su forma original al calentarse a temperatura superior al punto de fusión del polidiol pero más bajo que la temperatura de fusión del poliuretano.

En 1990, Mitsubishi Heavy Ind Co Ltd patentó una espuma de poliuretano con memoria de forma, que reivindicaba las mismas características y propiedades que la patente anterior. La espuma podía adoptar una forma determinada si se comprimía a temperatura superior a la temperatura de transición vítrea del polímero, T_g , enfriándose posteriormente. El polímero recupera su forma original al calentarlo

En 1991, Allan Hoffman publica un artículo en el que se describen las características, las respuestas y los mecanismos de los polímeros e hidrogeles sensibles a estímulos y menciona sus aplicaciones como biomateriales inteligentes.¹⁸

En el año 2000, los químicos Alan J. Heeger, Hideki Shirakawa, y Alan G. MacDiarmid, reciben el premio nobel por su trabajo en la síntesis de polímeros electroconductores.¹⁹



Ejemplo de cambio de forma en los polímeros sensibles a estímulos

¹⁸ Ibid.

¹⁹ Baeza, Alejandro. *Polímeros Conductores Inteligentes*. Facultad de Química, UNAM, México D.F

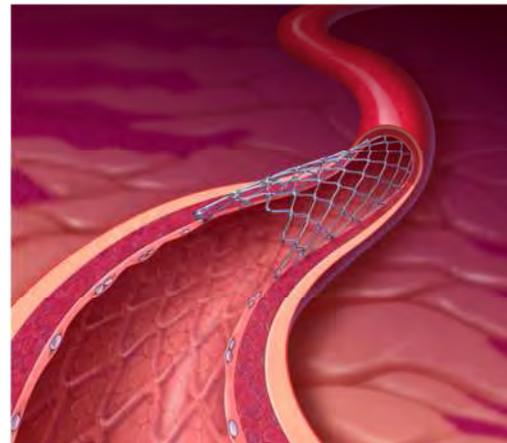
4.2 Impacto de los polímeros inteligentes en la vida cotidiana

El desarrollo de los polímeros inteligentes durante los últimos 35 años ha permitido la creación y mejora de múltiples tecnologías que han llevado a cierta población a un nivel de vida más sofisticado en el cual los productos tienen la capacidad de responder automáticamente a los estímulos que se les aplica, permitiendo el ahorro energético y mejorando la calidad de vida a un número creciente de usuarios que tienen acceso a productos elaborados con estos materiales.

Una de las principales industrias en el uso de estos materiales es la médica, esto se debe en gran parte a la capacidad que tienen sobre otros para ser biocompatibles, es decir, que generan en muy raras ocasiones un rechazo por parte del cuerpo, o que permiten al organismo funcionar con naturalidad, además de tener la característica de poder ser moldeados a la forma deseada o incluso la opción de modificar sus propiedades para satisfacer requisitos específicos y que hace que estos materiales sean utilizados con mayor frecuencia en esta industria.

Un ejemplo de las aplicaciones médicas de estos materiales puede encontrarse en los dispositivos para microanastomosis es decir, la unión de vasos capilares, venas o nervios cuando estos han sido seccionados, en esta intervención mientras menor sea el tamaño de los canales a unir, mayor la complejidad para tener éxito en la reparación, sin embargo con el uso de estos dispositivos sintéticos es posible realizar el empalme, incluso de vasos

muy pequeños, mediante un anillo compuesto por polímeros electroactivos en el exterior y biocompatibles en el interior de manera que al ser activados permiten comprimir o dilatar las paredes realizando la unión a forma de abrazadera, esto ha permitido salvar muchas vidas debido a la alta dificultad que representa esta cirugía cuando se realiza por medios convencionales a causa del flujo sanguíneo y de la finura de los vasos



Unión de venas por microanastomosis tubular electroactiva, utilizando polímeros inteligentes

El uso de estos materiales va más allá de solo aplicaciones físicas de los mismos, es decir, no solo se utilizan en la construcción de componentes que sirvan de sustrato para el cuerpo, sino que también pueden utilizarse sus propiedades químicas, por ejemplo son utilizados como medios de transporte de medicamentos, gracias a sus propiedades de activación al pH, temperatura y la posibilidad que tienen de “reconocer” ciertas moléculas orgánicas mediante el proceso de grabado molecular en el cual se le asigna una forma específica al polímero para embonar con moléculas que posean dicha forma tal como lo harían piezas de rompecabezas. De igual manera los hidrogeles, uno de los múltiples tipos de polímeros inteligentes que tienen como propiedad el ser materiales que pueden absorber varias veces su propio peso en líquidos, son materiales con un excelente potencial para esta aplicación, puesto que sus características físicas (grado de hidratación, porosidad, densidad de entrecruzamiento, resistencia mecánica, etc.) pueden alterarse y controlarse fácilmente, con el fin de modificar la velocidad de liberación de un fármaco determinado. Estos materiales han sido utilizados como vehículos para inmovilizar, encapsular y liberar de manera controlada un gran número de sustancias con actividad fisiológica, tales como: antibióticos, anticoagulantes, antineoplásicos, anticuerpos, antagonistas de fármacos, anticonceptivos, etc.



Diversos usos de los hidrogeles, como preservadores de agua para plantas y en forma de apósitos terapéuticos.

En las aplicaciones medicas de estos materiales es probablemente donde se hace más notorio el cambio que puede representar la utilización de un material que responda a los estímulos tal como lo hace el organismo, sin embargo estas aplicaciones no solo se limitan a imitar reacciones corporales sino que pueden permitir que el cuerpo realice sus funciones naturales de una mejor manera como ocurre con el caso de los lentes de contacto hidrofílico, los cuales igualmente son hidrogeles semipermeables, es decir permiten el paso del oxígeno y cierta cantidad de agua al ojo para que este pueda funcionar regularmente, pero la presencia del lente corrige el ángulo de refracción de la luz permitiendo a las personas con ciertas discapacidades visuales corregir dicha carencia, elevando así la calidad de vida del usuario.

Ejemplos como los anteriores nos permiten ver como estos materiales , que tienen la característica de reaccionar a los estímulos por si mismos , van desplazando el uso de mecanismos complejos que pudieran realizar las mismas tareas, ahorrando energía en el

proceso y con ello lograr que los dispositivos tengan una vida útil más larga.

Este ahorro energético ha permitido (junto con la evolución de las baterías) dispositivos cuyo tiempo de vida útil es más largo entre recargas, es decir que utilizando una misma cantidad de energía eléctrica se ha logrado que los dispositivos permanezcan en funcionamiento por mucho más tiempo, como ejemplo de esto basta recordar que el primer teléfono celular el Motorola DynaTAC 8000X duraba 8 horas en espera y solo una hora hablando, mientras que los modelos actuales rebasan las 100 horas en espera.



Lentes de contacto a base de hidrogeles semipermeables

Con esto se puede ver como la forma de vida se modifica al cambiar las tecnologías pues lo que anteriormente requería ser recargado incluso varias veces al día, hoy puede tenerse por varios días sin requerir de ello, permitiendo así el uso de dispositivos móviles como son los juegos electrónicos, reproductores de música y video, teléfonos celulares en lugar de teléfonos fijos que permiten usarlos en viajes por lugares con medios de comunicación limitada permitiendo así el mantener en contacto a usuarios que anteriormente veían esto como una ficción lejana. Esto ha permitido de la misma forma la comunicación entre comunidades aisladas, trabajadores rurales, o en caso de emergencias.

Así pues la aplicación de estas tecnologías en las ciencias de la información tiene un profundo impacto en la actual sociedad de la información ya que al facilitar y hacer más eficientes los productos con los cuales se logra la comunicación en esta época (telefonía celular, televisión, computadoras, Tablet, PC, incluso en la radio), le permite consolidarse y llegar a más personas, generando así, un cambio social.

Podemos apreciar que al igual que ocurrió en la revolución industrial, hoy en día, los grandes avances tecnológicos, incluyendo entre ellos el desarrollo de materiales, están cambiando la forma de vida de las personas, permitiéndoles una relación diferentes que va mas allá de la simple contemplación de los fenómenos, haciéndolos partícipes de este cambio y generando una nueva sociedad que trabaja en conjunto, y en la cual el poder de acción no se encuentra únicamente concentrado en las

manos de unas cuantas personas con la capacidad de invertir en el desarrollo, es decir, hoy en día el usuario mediante las nuevas tecnologías de producción, con materiales que reaccionan al ambiente, y que tienden a cuidar del mismo, tiene la capacidad de decidir sobre sus productos y servicios, crearlos, compartirlos, criticarlos e incluso modificar los ya existentes, dando con esto una espiral de cambio cada vez más acelerado en el cual las expectativas de los usuarios serán renovadas a mayor velocidad.

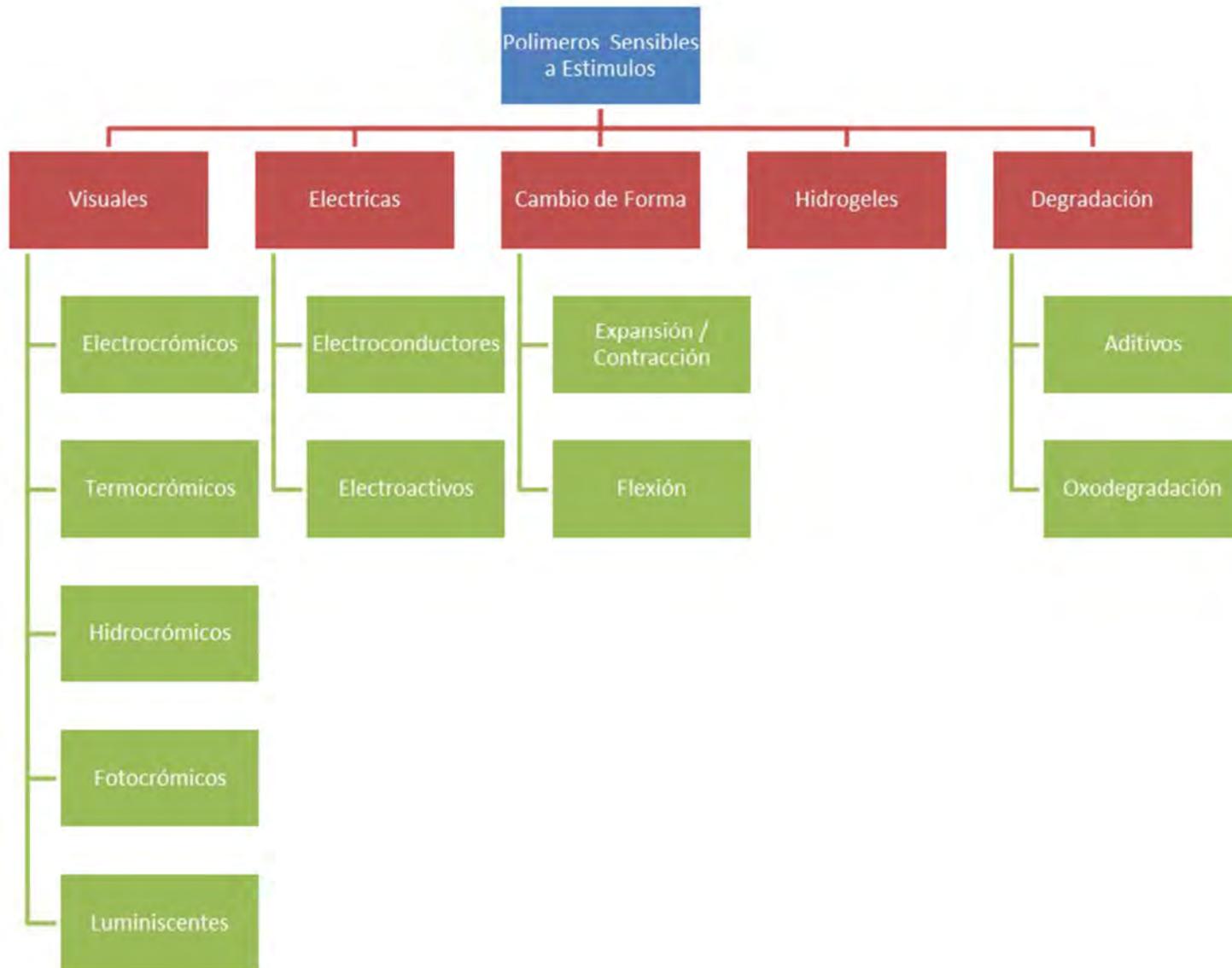
Es por esto que la aplicación e investigación de nuevos materiales que permitan el desarrollo de productos o servicios para satisfacer esas expectativas siga en un constante avance, que logre adelantarse a las utopías que el consumidor presente para así estar a la altura de los cambios sociales, ofreciendo alternativas que permitan el ahorro de recursos y esfuerzos al mismo tiempo que abran una enorme paleta de herramientas a utilizar para solucionar o mejorar las necesidades cambiantes de nuestra sociedad.

4.3 Taxonomía de los polímeros inteligentes.

Para poder comprender los diversos polímeros inteligentes es necesario generar una taxonomía que facilite la búsqueda de las características de los materiales de acuerdo a la forma de pensar del diseñador, la cual toma en cuenta principalmente las respuestas, cambios y aplicaciones de los mismos, sin tomar muchas veces en cuenta las propiedades moleculares ni de síntesis que competen más a otras disciplinas como la ingeniería química o las ciencias de materiales, es por eso que en el presente trabajo se clasificaran los polímeros de acuerdo a respuestas que presentan ante diversos estímulos.

Se clasificaran en Visuales, Eléctricos, con Cambio de Forma, Hidrogeles y Degradables.

Taxonomía de los polímeros sensibles a estímulos.



4.3.1 Polímeros con propiedades visuales

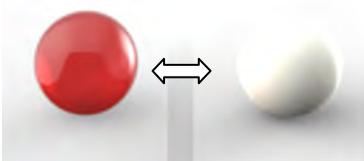
Definición

En esta categoría se clasifican todos aquellos polímeros cuyas propiedades ópticas varían en respuesta a estímulos exteriores, es decir, las propiedades visuales del material que se ven modificadas drásticamente al someterse a cambios en su entorno, regresando al estado inicial cuando concluye el cambio. Esta respuesta se divide en Electrocrómicos, Termocrómicos, Fotocrómicos, Hidrocrómicos y Luminiscentes.

Materiales Electrocrómicos

Los polímeros electrocrómicos, son aquellos que sufren un cambio de color reversible cuando se reduce u oxida al paso de una corriente eléctrica²⁰.

Es decir, que en estos materiales la estructura molecular cambia de posición con el flujo de corriente eléctrica refractando la luz de una forma distinta a la del estado inicial, cambiando con esto el color percibido.



²⁰ Mortimer RJ, Dyer AL, Reynolds JR. Electrochromic organic and polymeric materials for display applications. Displays. 2006; 27(1)

Materiales Termocrómicos

Los polímeros Termocrómicos son aquellos que poseen la propiedad de variar su color, y por tanto sus propiedades ópticas, al verse sometidos a variaciones de temperatura²¹



El cambio de color dependerá del material base y efectuara el cambio al alcanzar cierta temperatura la cual comúnmente va entre los -15°C a los 70°C, en estos materiales hay diversas combinaciones de color pudiendo ser el cambio de incoloro a un color, o entre dos colores distintos o mas llegando hasta las 5 fases de color, adquiriendo cada una de estas fases a diversas temperaturas.²²



Diversas tonalidades obtenidas en polímeros con reacción a diferentes grados de temperatura.

²¹ Valdivie, C. Fernández-. Caracterización de un material termocrómico para su empleo en sensores. Proceedings of SPIE, the International Society for Optical Engineering, vol. 4185 (2000), 146-149.

²² New Prismatic Enterprise Co., "Colours beyon imagination," New Prismatic Enterprise Co., China, Información comercial 2012.

Materiales Hidrocrómicos

Estos materiales cambian sus propiedades ópticas al entrar en contacto con el agua. Primordialmente se usan como tintas que se transparentan al entrar en contacto con el agua, es decir van del color al incoloro.



Transparencia obtenida en los materiales al contacto con el agua.

Materiales Luminiscentes

Estos materiales emiten brillo por sí mismos, para ello almacenan la energía lumínica o térmica y la liberan posteriormente.

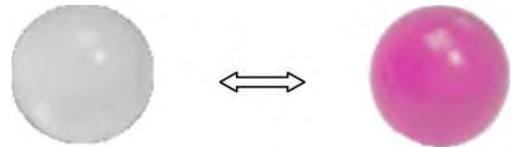
El proceso puede presentar varios colores entre los cuales los más comunes son: Blanco a Verde; Blanco a Azul; Azul a Púrpura; Naranja a Rojo.



Emisión de luz en diversos colores.

Materiales Fotosensibles o Fotocrómicos

Por su parte los materiales fotoexitables o fotosensibles son aquellos que al ser expuestos a diferentes longitudes de onda de luz modifican sus propiedades ópticas permitiendo así un cambio de color.



Colores disponibles en materiales fotocrómicos.

Entre estos podemos encontrar los polímeros con reacción a luz ultravioleta o luz negra haciéndolos susceptibles de uso con la radiación solar. Estos polímeros comúnmente cambian de incoloro a humo, azul, verde, amarillo, púrpura y rojo.



Colores adquiridos en presencia de luz.

4.3.2 Polímeros con propiedades eléctricas

Definición

Desde comienzos de la década de los 90, se han obtenido nuevos polímeros que responden a estímulos eléctricos con cambios significativos de forma o tamaño, lo que supone un gran avance en las aplicaciones de los materiales poliméricos. Se denominan polímeros electroactivos (electroactive polymers) o EAP". Entre algunas de sus aplicaciones mas comunes encontramos la Arquitectura, Biomecánica y Medicina, Ingeniería Aeronáutica, Ingeniería Electrónica e incluso la Juguetería²³.

Electroconductores

Los polímeros de esta naturaleza presentan propiedades especiales que les permiten conducir la corriente eléctrica a lo largo de ellos, dejando a un lado las propiedades creídas comúnmente para los polímeros. El más usado de estos es la llamada Polianilina (negro de anilina o PANI) la cual es sencilla de obtener pero tiene una gama de subproductos tóxicos.²⁴

²³ Pilar Lafont Morgado, "DISPOSITIVOS MÉDICOS BASADOS EN EL EMPLEO DE POLÍMEROS ELECTROACTIVOS," in *8º CONGRESO IBEROAMERICANO DE INGENIERIA MECANICA*, Cusco, 2007, p. 8.

²⁴ Baeza, Alejandro. Polimeros Conductores Inteligentes. Facultad de Química, UNAM, México D.F

Electroactivos

Estos polímeros tienen la capacidad de generar energía eléctrica y responder a ellas sea por cambios en la forma (piezoeléctricos) o por diferencial de potencial eléctrico, siendo utilizados actualmente como moduladores de sonido, baterías de ion polimérico y microactuadores.

El efecto piezoeléctrico se basa en que ante un proceso de deformación en el material se induce una polarización eléctrica que crea una diferencia de potencial eléctrico (efecto piezoeléctrico directo). El efecto también existe en el sentido contrario. Es decir, ante la presencia de un campo eléctrico exterior el material se deforma y lo hace proporcionalmente al valor del campo eléctrico²⁵, esto ha permitido su uso como músculos sintéticos, actuadores y micromotores, mientras que el uso en sentido inverso permite su aplicación como sensores de tacto por lo cual se utilizan comúnmente en las ciencias de la salud.²⁶

²⁵ Lopez Garcia, Oscar. Materiales inteligentes I/II. introduccion a los materiales del siglo XXI. *anales de mecánica y electricidad* (noviembre-diciembre 2003), 40-46.

²⁶ Pilar Lafont Morgado, " DISPOSITIVOS MÉDICOS BASADOS EN EL EMPLEO DE POLÍMEROS ELECTROACTIVOS," in *8º CONGRESO IBEROAMERICANO DE INGENIERIA MECANICA*, Cusco, 2007, p. 8.

4.3.3 Polímeros con cambio de forma

Definición

Estos materiales tienen la propiedad de modificar sus propiedades espaciales para así modificar su forma y con ello también sus propiedades físicas, siendo las más importantes, la dimensión, dureza, flexibilidad, tenacidad, y resistencia al corte

Expansión/Contracción

Se entiende por este tipo de reacción al cambio sensible de tamaño por parte del material que es sometido a un estímulo exterior, pudiendo este ser de aumento de tamaño (hinchamiento) o la reducción del mismo (contracción)

Comúnmente se presenta en hidrogeles (también llamados polímeros reticulados) que son materiales con todas las características normales de los sólidos tales como estabilidad de forma, resistencia al corte, etc., y además pueden absorber disolvente e hincharse hasta dimensiones mucho mayores que su tamaño en seco, exhibiendo frente a una tensión impuesta una respuesta elástica lineal.²⁷

Los estímulos físicos que comúnmente afectan estos polímeros son el campo eléctrico, composición del disolvente, luz, presión, sonido y campo magnético, mientras que los estímulos químicos o bioquímicos incluyen el

²⁷ Panyukov S, Rabin Y. Statistical physics of polymer gels. Physics Reports. 1996; 269

pH, iones y reconocimiento molecular específico²⁸

Flexión

La resistencia a la flexión de un material es su capacidad para soportar fuerzas aplicadas en su eje longitudinal. Los esfuerzos inducidos por una carga de flexión son realmente una combinación de esfuerzos de tracción, compresión y cizalla.²⁹

Así pues cuando se habla de materiales inteligentes con respuesta a la Flexión en realidad se habla de materiales con propiedades físicas mejoradas para poder soportar mejor este tipo de esfuerzos.

²⁸ M.R., Aguilar. Smart polymers and their applications as biomaterial. Topics in Tissue Engineering, 3, 1, 2007.

²⁹ Daniels, C.A. *Polymers: Structure and Properties*. Technomic Publishing CO., Lancaster, 1989.

4.4 Hidrogeles

Definición

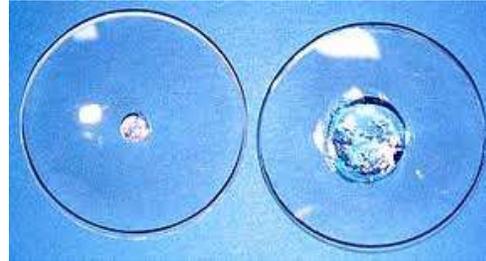
*Un hidrogel es una red flexible de polímeros que absorben cantidades considerables de agua. Estos polímeros tienen como características comunes ser hidrófilos, blandos, elásticos e insolubles en agua además de que se hinchan en presencia de ella, aumentando apreciablemente su volumen mientras mantienen la forma hasta alcanzar el equilibrio físico químico. Adicionalmente, pueden tener gran resistencia mecánica según el método con el que se obtengan.*³⁰

En la mayoría de los casos, un solo monómero no proporciona al mismo tiempo buenas propiedades mecánicas y gran retención de agua, por ello es necesario recurrir a la copolimerización.³¹

En base a estas propiedades los hidrogeles son comúnmente utilizados como materiales superabsorbentes, ya sea para cultivos, o para uso sanitario, así mismo o como contenedores de fluidos para la industria alimenticia o farmacéutica.

Una de las funciones más comunes es la de liberación controlada de fármacos, la cual surgió durante la década de los ochenta como una alternativa de los sistemas de liberación

tradicionales. Lo más importante es crear un medio en el cual se obtenga una respuesta óptima, con efectos secundarios mínimos y una eficacia prolongada en el organismo, por esto la utilización de hidrogeles ofrece una atractiva alternativa para conseguir niveles constantes de fármaco en el organismo³²



Ejemplo de hidrogel en absorción de líquidos.

³⁰ Alejandro Arredondo, "Hidrogeles. Potenciales biomateriales para la liberación controlada de medicamentos," *Revista Ingeniería Biomédica*, vol. 3, no. 5, pp. 83-94, enero-junio 2009.

³¹ J.L. Escobar, "HIDROGELES. PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS EN EL DISEÑO DE SISTEMAS DE LIBERACIÓN CONTROLADA DE FÁRMACOS," *Revista Iberoamericana Polímeros*, vol. 3, no. 3, p. 25, Julio 2002

³² J.L. Escobar Op. Cit. p.7

4.5 Degradación.

Muchas de las propiedades de los plásticos, que son favorables desde el punto de vista de las aplicaciones que pueden tener, han resultado inconvenientes para el manejo de los desechos que se generan con el uso creciente de estos materiales. La basura generada por las actividades humanas hasta mediados del siglo XX consistía principalmente en desechos biodegradables o reciclables. Al incorporarse el plástico a la vida cotidiana, una parte considerable de los desechos producidos comenzó a acumularse en el ambiente, precisamente por la resistencia de los plásticos a la corrosión, la intemperie y la degradación por microorganismos (biodegradación). Anualmente se producen varios millones de toneladas de plásticos en el mundo. En México, el consumo anual de plásticos por habitante en 2005 se estimaba en 49 kilogramos. Del total consumido, más de un millón de toneladas por año se convierten en desecho³³

La lenta degradación de los plásticos comparados con los materiales orgánicos no es el único problema que estos presentan, sino que regularmente dicha degradación natural solamente logra fragmentar los materiales en micro partículas menores a 5 μm , llamando estos microplásticos, los cuales se mantienen en el ambiente.

³³ Daniel Segura, Raúl Noguez y Guadalupe Espín. Contaminación ambiental y bacterias productoras de plásticos biodegradables. *Biotechnologia*, 14, 361-372.

PET

- 1000 Años

Poliestireno

- 1000 Años

Polietileno

- 500 Años

Polipropileno

- 500 Años

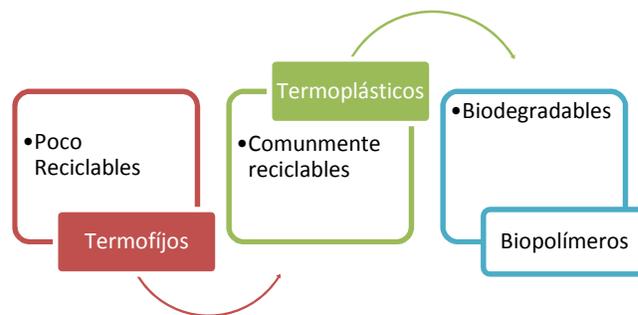
Tiempo de degradación natural de algunos plásticos

Es por esto que la búsqueda de estrategias para tratar estos materiales es una de las constantes en el mundo actual, una de estas estrategias es el reciclaje, que es entendido como la recolección, procesamiento y remercadeo del plástico.

Sin embargo esta estrategia presenta algunos inconvenientes ya que estos materiales deben ser manejados adecuadamente, no sólo en su recolección y procesamiento, sino en la limpieza, selección y separación adecuada de los materiales a reciclar, y esto no se da en muchos casos. Además, los artículos plásticos no pueden ser reciclados indefinidamente, sólo se pueden reciclar tantas veces como lo permitan las condiciones físicas y químicas de cada material, esto en ocasiones se corrige en cierta medida agregando cargas de material nuevo al material reciclado para mantener sus propiedades mecánicas y químicas.

Adicionalmente, no todos los plásticos son reciclables. Los termoplásticos en general sí lo son, mientras que los plásticos termoestables en su mayoría no son reciclables por medios comunes, aunque algunos casos como el caucho de neumático se utiliza como carga en impermeabilizantes y pavimentos.

A causa de esto se ha llevado una fuerte investigación en materiales plásticos degradables, entre ellos se encuentran los fotodegradables, los semi-biodegradables, los biodegradables sintéticos y los completamente biodegradables naturales³⁴



Facilidad de reciclaje de plásticos de acuerdo a su comportamiento térmico.

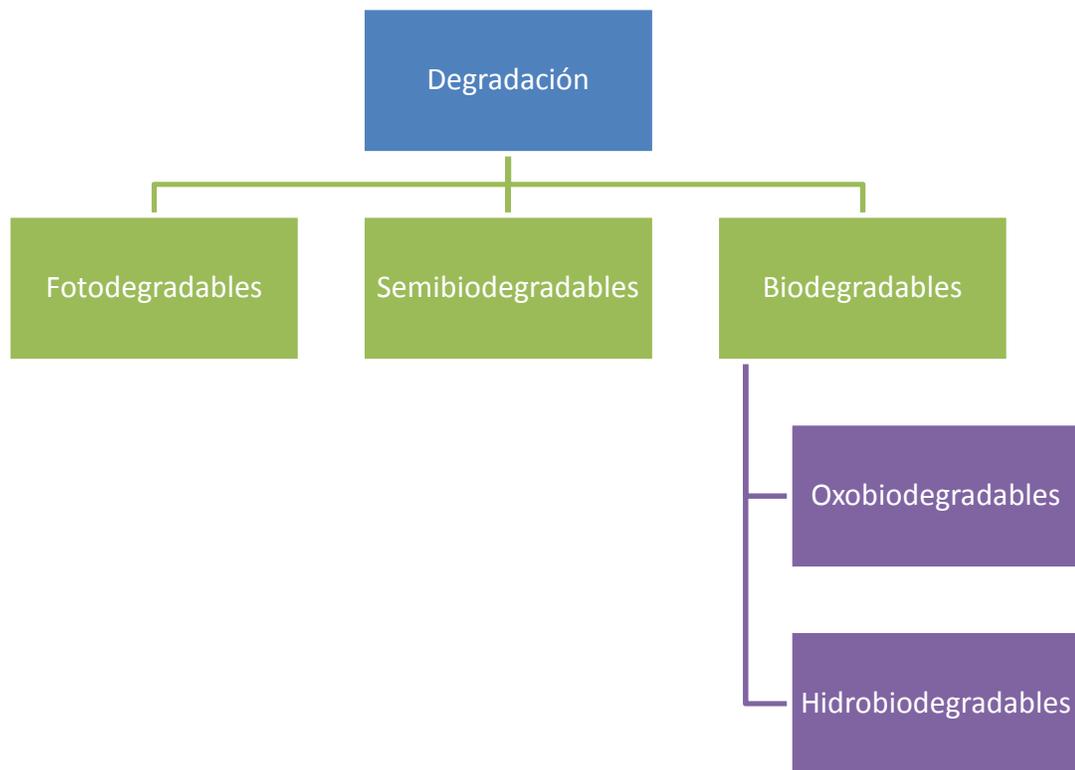
Se define a la degradación como "cualquier cambio físico o químico en un material, causado por factores ambientales (luz, calor, humedad, entre otros), condiciones químicas (oxidación, hidrólisis) o actividad biológica, que llevan a dicho material hasta su completa desintegración"³⁵, es decir que hay varios mecanismos por los cuales se lleva a cabo éste proceso, siendo uno de ellos la biodegradación, en la cual intervienen diversos agentes biológicos (células, enzimas y organismos) y depende en gran medida de la estructura molecular del polímero a degradar así como de las condiciones en las que se encuentre como las características fisicoquímicas (temperatura, pH, potencial redox, contenido de agua y oxígeno) y microbiológicas (densidad de población,

³⁴ Daniel Segura. Op. cit. p. 362

³⁵ Volke Sepúlveda, Tania. Los plásticos en la actualidad y su efecto en el entorno. Ciencia y Desarrollo, Marzo 1998, Vol. XXIV. CONACYT ,p. 54-61

diversidad y actividad microbiana) de un ecosistema, además de las propiedades originales (composición, peso molecular, cristalinidad, hidrofobicidad), y del material (características de superficie, presencia de aditivos, grosor del material, entre otros)

Los plásticos fotodegradables tienen grupos sensibles a la luz incorporados directamente al esqueleto del polímero, por lo cual deben ser expuestas a la radiación ultravioleta durante periodos de tiempo variados que van desde semanas hasta varios meses, dicha exposición permite obtener partículas de plástico mas pequeñas que en algunos casos logran ser degradadas por bacterias, el problema que este tipo de plásticos presenta es la carencia frecuente de luz ultravioleta en los depósitos de basura, donde los residuos quedan cubiertos a la sombra.



Taxonomía de la degradación plástica.

El segundo grupo constituido por los plásticos semi-biodegradables está conformado por polímeros que en su estructura contienen azúcares las cuales pueden ser degradadas por bacterias, sin embargo el componente monomérico (comúnmente polietileno) se mantiene como material no degradable.

Los plásticos degradables sintéticos son aquellos basados en polietenol o alcohol polivinílico, que se parece al polietileno, la presencia de estos grupos OH hace que el plástico sea hidrofílico es decir que sea soluble en agua, permitiendo así su degradación.

Otro tipo de plásticos son los que se degradan completamente de forma natural. Entre ellos se encuentran los ácidos poliláctidos, los poliésteres alifáticos, los polisacáridos y copolímeros derivados de ellos, y los polihidroxicanoatos (PHA), que son polímeros naturales producidos por bacterias, las cuales son utilizados como reserva de nutrientes.

Gracias a su capacidad de biodegradación son una de las fuentes que más se ha investigado actualmente.

Entre estos polímeros ha sobresalido la aparición de los oxo-biodegradables los cuales son susceptibles de biodegradarse si se han sometido a una etapa previa de oxidación, debido a la temperatura, la radiación UV, la fricción o una combinación de ellas.³⁶

³⁶ Contreras, María Fernanda Rabell. Estudio de factibilidad de biodegradación de plásticos mediante composteo. Hacia la sustentabilidad: Los residuos sólidos como fuente de energía y materia prima (2011), 519-523.

Junto con la oxo-biodegradación se han desarrollado procesos de hidro-biodegradación, estos procesos inician con una reacción química de hidrólisis, seguido de un proceso biológico. Tanto en este caso como en la oxo-biodegradación se libera CO₂ en el proceso de degradación.³⁷

Otra de las opciones que actualmente se investiga es el desarrollo de biopolímeros, los cuales son obtenidos a partir de una fuente natural como pueden ser los organismos vivos, y cumplen con los principales condicionantes medioambientales para su uso: ser obtenidos de fuentes renovables, como la caña de azúcar, proteínas y almidones, y mostrar una alta capacidad de biodegradación.

Estos materiales se pueden utilizar para diversas aplicaciones y en ciertos casos se pueden producir con un menor consumo energético que sus homólogos petroquímicos, por lo que tienden a ser menos tóxicos para el medio ambiente³⁸

³⁷ Scientific Advisory Board. Briefing Note on Biodegradable Plastics. En: The Oxobiodegradable Plastics Association Homepage.

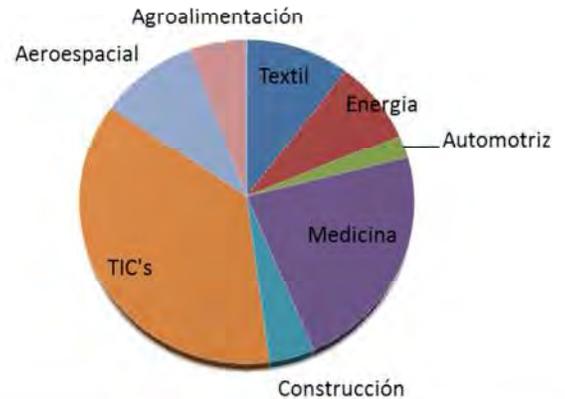
³⁸ Pojanavaraphan, T.; Magaraphan, R.; Chiou, B-S.; Schiraldi, D.A. Development of Biodegradable Foamlike Materials Based on Casein and Sodium Montmorillonite Clay. *Biomacromolecules*. 2010, (11) 2640-2646

4.6 Aplicaciones actuales de los polímeros inteligentes.

Los polímeros inteligentes han tenido una amplia repercusión en la generación de productos y servicios, ya que generan efectos físicos, ópticos o energéticos directamente con el material sin necesidad de mecanismos físicos o electrónicos complejos que realicen la respuesta, de acuerdo al CIMTAN del año 2005 al 2008 el uso de los polímeros inteligentes se ha concentrado en 8 campos: Textil, Energético, Automotriz, Medicina, Construcción, Tecnologías de la Comunicación (TIC), Aeroespacial y Agroalimentaria, teniendo la mayor concentración en las TIC y la Medicina. En este mismo trabajo es evidente que el número textos de investigación es mucho mayor con respecto al número de patentes de materiales, indicando con esto que muchos de ellos se encuentran en etapas de desarrollo.³⁹

³⁹ CANO Serrano, Encarnación. Polímeros Inteligentes. Informe de Vigilancia Tecnológica. Circulo de innovación en materiales, tecnología aeroespacial y nanotecnología , Madrid. España, 2008.

Uso de los Polímeros Inteligentes en las principales industrias



Gráfica generada en base a información obtenida de Polímeros inteligentes y Aplicaciones. 2009⁴⁰

Aplicaciones en las Tecnologías de la Comunicación

Las tecnologías de la información y de la comunicación (TIC'S) son aquellos medios que permiten transmitir, procesar y difundir información de manera instantánea, dentro de estas podemos ubicar la radio, la televisión, las computadoras, el internet, telefonía sea fija o celular y los videojuegos entre otros.

Al analizar la historia de dichas tecnologías podemos ver fácilmente algunas de las aplicaciones que han hecho que esta rama de la industria sea la que mayor uso ha dado a estos materiales. Un ejemplo de estas

⁴⁰ CANO Serrano, Encarnación. *Polímeros Inteligentes y Aplicaciones*. cimtan, Madrid, 2009

aplicaciones se da en las pantallas, las cuales hasta hace poco tiempo estaban basadas casi exclusivamente en el tubo de rayos catódicos (CRT). Actualmente ésta tecnología está siendo sustituida rápidamente por otras basadas en LEDs Orgánicos (OLED) o plasma⁴¹ de estas opciones la única que es polimérica es la OLED, la cual por sus costes más bajos de producción y poca necesidad de mantenimiento comparado con otras tecnologías está adquiriendo rápidamente mayor parte del mercado, especialmente en los televisores de gran formato.

Recordando que el OLED, es un diodo emisor de luz (LED), cuyo capa electroluminiscente está compuesta por una hoja de compuestos orgánicos. Esta capa de material semiconductor orgánico se forma entre dos electrodos, donde al menos uno de los electrodos es transparente y puede ser utilizado en pantallas de televisión, monitores de ordenador, pequeñas pantallas portátiles del sistema, como los teléfonos celulares y PDAs, relojes, publicidad, información e indicación⁴²

Los PMOLED (Passive Matrix Organic Light Emitting Diode) que son una de las variables de los OLED tienen especial importancia en pequeños dispositivos donde gracias al bajo costo de producción y una amplia gama de

colores que pueden ser desplegados comparados con otras tecnologías,⁴³ han adquirido la mayor parte del mercado.



OLED funcionando como pantalla flexible

⁴¹ Pozo, Antonio M. Estabilidad temporal y reproducción del color en pantallas planas lcd y amoled. (Alicante 2010), IX CONGRESO NACIONAL DEL COLOR.

⁴² TANVEER., R. (20 de Mayo de 2012). Organic Light Emitting Diodes-Smart Elements For Displays. Obtenido de <http://fa.infosum.net/communication/organic-light-emitting-diodes-smart-elements-for.html>

⁴³ Pozo, Antonio M. Estabilidad temporal y reproducción del color en pantallas planas lcd y amoled. (Alicante 2010), IX congreso nacional del color.

Aplicaciones en la Medicina.

Dentro de la medicina el uso más difundido de los polímeros inteligentes es la utilización de estos como medios de transporte de medicamentos, gracias a sus propiedades de activación al pH, Temperatura y la posibilidad que tienen de “reconocer” ciertas moléculas orgánicas⁴⁴ mediante el proceso de grabado molecular en el cual se la asigna una forma específica al polímero para embonar con moléculas que posean dicha forma tal como lo harían piezas de rompecabezas.

De igual manera los hidrogeles son materiales con un excelente potencial para esta aplicación, puesto que sus características físicas (grado de hidratación, porosidad, densidad de entrecruzamiento, resistencia mecánica, etc.) pueden alterarse y controlarse fácilmente, con el fin de modificar la velocidad de liberación de un fármaco determinado. Estos materiales han sido utilizados como vehículos para inmovilizar, encapsular y liberar de manera controlada un gran número de sustancias con actividad fisiológica, tales como: antibióticos, anticoagulantes, antineoplásicos, anticuerpos, antagonistas de fármacos, anticonceptivos, etc.⁴⁵



Hidrogel utilizado en curación de tejido epidérmico.

⁴⁴ M.R., Aguilar. Smart polymers and their applications as biomaterial. Topics in Tissue Engineering, 3, 1, 2007

⁴⁵ Pedley, G., Skelly, P.J., Tighe, B.J, PolymersR:99 (1980)

Gracias a sus múltiples características como la permeabilidad, humectación y capacidad de hinchamiento, los hidrogeles han logrado ser utilizados en una gran variedad de aplicaciones en la medicina entre las cuales están los Lentes de contacto, Prótesis de tejido cartilaginoso, Prótesis de Senos, Sustitutos de tendones, ligamentos y discos intervertebrales, Prótesis de Uréter, Revestimientos de sutura, Sustitutos del Humor Vitreo, y como sellantes de agujeros de aire en pulmón y tórax⁴⁶.

Cada día aumenta el uso de polímeros electroactivos dentro de la medicina, ya que permiten desarrollar elementos de formas y funciones muy especiales que no podrían hacerse en otros materiales, ejemplo de esto es son los dispositivos para microanastomosis⁴⁷ (operación destinada a restablecer la comunicación entre vasos, conductos o nervios. Cuanto más pequeño sea el diámetro del vaso, más difícil es de realizar) estos dispositivos permiten realizar la unión, incluso de vasos muy pequeños, mediante un anillo compuesto por polímeros electroactivos en el exterior y biocompatibles en el interior de manera que al ser activados se pueden comprimir o dilatar realizando la unión a manera de abrazadera. Es en ejemplos como éste que podemos ver los alcances de la correcta aplicación y diseño de productos donde se puede llevar mas allá de la parte

⁴⁶ Virginia Sáez, et. al. Liberación controlada de fármacos. Hidrogeles. Revista Iberoamericana de Polímeros, 4, (1) (enero 2003), 71.

⁴⁷ Lafont Morgado, Pilar et. al. Dispositivos médicos basados en el empleo de polímeros electroactivos. (Cusco 2007)

meramente estética hasta lo funcional la aportación de estos materiales.

Así en la medicina se pueden enumerar una gran cantidad de aplicaciones como microbombas para suministro de fármacos, dispositivos para cirugía mínimamente invasiva, dispositivos hápticos, sensores de caudal y sensores de presión entre otros⁴⁸

⁴⁸ Lafont. Op. Cit. p.3-4

Aplicaciones en el Sector Energético.

Mediante la utilización de diversos polímeros conductores se están desarrollando celdas solares que permitan la producción masiva de dispositivos que trabajen mediante Titanio sensitivado a un costo menor que las producidas por medio de dispositivos fotovoltaicos de unión de estado sólido, incluso actualmente se investigan nuevas aplicaciones, como el acoplamiento de la nanoestructura con un polímero conductor para lograr una célula flexible y la realización de células solares transparentes al ojo humano que absorban una fracción significativa de la luz solar, especialmente en el espectro infrarrojo, logrando una eficiencia máxima del 11%⁴⁹

Otro uso de los polímeros inteligentes en el ramo, es la generación de energía mediante el efecto piezoeléctrico que algunos de estos materiales presentan (especialmente el Polifluoruro de Vinilideno) en los cuales mediante la aplicación de esfuerzos mecánicos se logra generar y almacenar energía, la cual aunque es menor que la producida por otros materiales con el mismo efecto, tiende a aumentar con el aumento de temperatura (muy común en los motores) al contrario de lo que ocurre con los demás materiales.⁵⁰

⁴⁹ Bisquert, Juan. Células solares de titanio nanoestructurado sensitivado. Alternativas para la generación fotovoltaica. (España 2002), Departament de Ciències Experimentals Universitat Jaume I.

⁵⁰ I. Patel, et. al. Utilization of smart polymers and ceramic based piezoelectric materials for scavenging wasted energy. Elsevier, 159 (Marzo 2010), 213-218.

Hoy en día el estudio para la fabricación de baterías recargables a base de polímeros electroconductores ha permitido la creación de baterías con una eficiencia de hasta 3V tanto de naturaleza orgánica (polianilina-tetrafluoruro de litio) como inorgánica (polianilina-Zn). Además estas baterías tienen la ventaja de que varios de sus componentes pueden ser descompuestos en componentes atóxicos y biodegradables.⁵¹

Finalmente podemos encontrar interesantes propuestas en esta rama como las baterías solares auto-recargables de la iniciativa EURO-PSB (European Polymer Solar Battery)

esta iniciativa busca conectar paneles solares a baterías de Litio-polímero para suministrar la energía requerida en los aparatos de bajo consumo como los teléfonos celulares, cámaras fotográficas, PDA's,⁵² y mas, aunque aun se encuentra en fase de desarrollo de tener éxito lograría un gran avance en la reducción del consumo energético y de la fabricación de baterías clase 1 (desechables) pudiendo transferir dicha tecnología al resto del mundo. Otros polímeros importantes son los electrocromicos que representan un gran avance en sistemas de proyección, utilizados como pantallas en muchos aparatos electrónicos o como recubrimientos para

⁵¹ Baeza, Alejandro. *Polímeros Conductores Inteligentes*. UNAM, Facultad de Química, Departamento de Química Analítica, Mexico D.F.

⁵² G. Dennler et. A self-rechargeable and flexible polymer solar battery. ELSEVIER, Solar Energy, 81 (2007), 947-957.

ventanas inteligentes o lentes sensibles a la luz UV⁵³

Los polímeros con propiedades ópticas son probablemente los que más fácilmente demuestran un cambio de propiedades al usuario general, cabe recordar que hay una gran gama de estos polímeros entre ellos los electromecánicos polímeros conductores orgánicos se presentan como excelentes candidatos frente a los metales de transición inorgánicos, debido a su gran versatilidad en cuanto a colores alcanzables, facilidad de procesado, y bajo coste.

Otras Aplicaciones

Aplicaciones Lúdicas

Como se ha visto los polímeros inteligentes han logrado permear en diversas industrias y una de ellas es la industria del entretenimiento y diversión, en esta podemos encontrar ejemplos en juguetes, promocionales, y elementos decorativos.

Dentro de los juguetes encontramos aplicaciones para niños pequeños, por ejemplo los “huevos mágicos” los cuales contienen figuras animales elaboradas a base de un derivado del poliacrilonitrilo, mezclado con glicerina y etilenglicol. El resultado es un gel con textura de goma, fuerte y resistente. El material puede absorber, en teoría, hasta 300 o 400 veces su peso en agua destilada.

⁵³ Serrano, Encarnación Cano. *Polímeros Inteligentes. Informe de Vigilancia Tecnológica*. Circulo de innovacion en materiales, tecnología aeroespacial y nanotecnología , Madrid. España, 2008.

Estas figuras al ser sumergidas en agua por largos periodos de tiempo aumentan su tamaño eclosionando del huevo y manteniendo su forma mientras estén hidratados, una vez que se secan regresan al tamaño original, pero pueden ser rehidratados nuevamente durante algunos ciclos más.⁵⁴

Hidrogeles

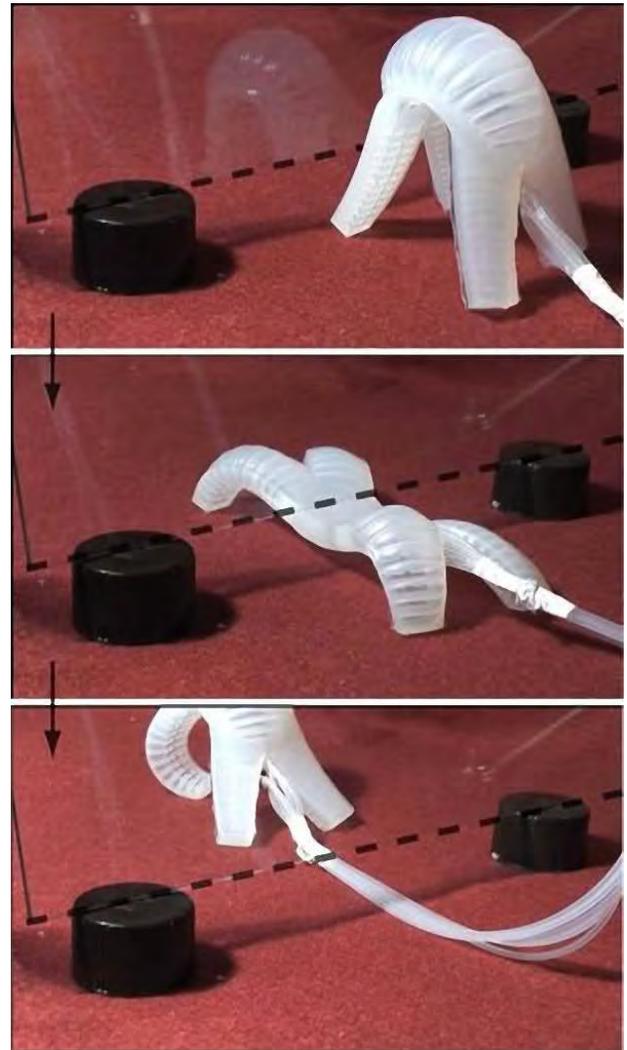
Los hidrogeles, anteriormente mencionados en sus aplicaciones médicas, también son utilizados para mantener la humedad de la tierra cultivada, como materiales absorbentes, en membranas, recubrimientos, microcápsulas, en productos para la industria del papel; también para la fijación de herbicidas, en cromatografía, como portadores de enzimas, en el procesamiento de alimentos, en el tratamiento del aire, como rellenos en pieles artificiales, como agentes de separación, etc.

Otro uso común de los hidrogeles se ve en el mercado de los productos sanitarios donde una gran cantidad de ellos les incluye como medio de absorción, pudiendo encontrarse desde pañales hasta toallas sanitarias utilizando de esta forma el material.

⁵⁴ Gómez Crespo, Miguel Ángel. Juguetes y polímeros superabsorbentes. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 8 (2011), 460-465

Aplicaciones en la robótica

En este campo la investigación continua de nuevas tecnologías ha permitido acercar estos materiales a ciertas aplicaciones, una de ellas es la utilización de los polímeros electroactivos como sensores y microactuadores, específicamente como actuadores para manos y como ayuda en la gesticulación que presentan ciertos robots de forma humana.⁵⁵



Robot flexible a base de polímeros electroactivos

⁵⁵ Bar-Cohen, Yoseph. Biologically-Inspired Intelligent Robots Using Artificial Muscles. (California 2002),

4.7 Aplicaciones Prospectivas de los Polímeros

Como Evaluar el desarrollo tecnológico.

Para poder definir el grado de desarrollo en el cual se encuentran las diversas aplicaciones, es necesaria la utilización de parámetros específicos que permitan evaluar objetivamente los alcances y limitantes encontrados en los mismos. Con éste fin se han desarrollado diversos indicadores entre ellos el más utilizado es el desarrollado por la NASA y el Departamento de Defensa de los Estados Unidos llamado “Evaluación de Disposición Tecnológica” (Technology Readiness Assessment) o TRA por sus siglas en inglés, ésta evaluación marca 9 diferentes niveles (TRL) de desarrollo en la tecnología , para el presente trabajo utilizaremos los criterios encontrados en Technology Readiness Assessment (TRA) Deskbook ⁵⁶.

- TRL 1 Observación de principios básicos y su reporte: Es la fase de transición desde la investigación científica a la investigación aplicada. Las características esenciales, comportamientos y estructuras son observados.
- TRL 2 Concepto Tecnológico o de aplicación es formulado: Investigación Aplicada. La teoría y principios científicos son concentrados en una área específica de aplicación para definir el concepto. Se describen las características de la aplicación y se utilizan técnicas analíticas para verificar la viabilidad de la aplicación
- TRL 3 Prueba de concepto y experimentación analítica: Se comprueba la funcionalidad del concepto, Se inicia la Investigación y Desarrollo con pruebas de laboratorio mediante datos representativos.
- TRL 4 Validación de los Componentes / subsistemas en el ambiente de laboratorio, prototipos descontextualizado.
- TRL 5 Validación del Sistema/Subsistemas/componentes en un entorno representativo : Mediante la prueba de prototipos dentro de un ambiente representativo. Se unen las tecnologías básicas que componen el sistema en un ambiente razonablemente realista para buscar información.
- TRL 6 Modelado o prototipos del Sistema / Subsistemas en un entorno final controlado a escala real, documentación limitada de los sucesos, y comprobación de la viabilidad mediante medios de ingeniería a escala final.
- TRL 7 Demostración del prototipo de Sistema en un ambiente Operacional. El sistema esta en la escala real o muy cercano a ella con la mayoría de las funciones disponibles para comprobación y prueba.

⁵⁶ Research Directorate. *Technology Readiness Assessment (TRA) Deskbook*. DEPARTMENT OF DEFENSE, Julio 2009

- TRL 8 Sistema actual Completo y “Misión Completada” mediante la prueba y demostración en ambiente operacional. Fin del desarrollo del sistema, integración completa a los sistemas actuales, Documentación del usuario de capacitación, y mantenimiento completada. Verificación y validación completada.
- TRL 9 Sistema actual tiene la “misión comprobada” mediante consecutivas operaciones exitosas: El sistema actual ha sido demostrado contundentemente en el ambiente operacional. Toda la documentación es completada. Experiencia operacional exitosa.

Una vez que se han definido estos niveles se puede hablar de diversas aplicaciones que se encuentran en desarrollo tanto en la industria privada como en los laboratorios académicos, incluso algunas que están planteados únicamente de manera teórica, pudiendo darles una precisa ubicación sobre el estado de madurez en el que se encuentran.

Aplicación como músculos artificiales.

Los músculos biológicos se han desarrollado a lo largo de millones de años y transforman la energía química en mecánica, e involucran un medio acuoso, un impulso eléctrico, reacciones químicas que cambian las cadenas poliméricas naturales (actina y miosina), así pues los métodos que se desarrollan basándose en esta estructura deberán contener por lo menos, un pulso eléctrico, cadenas poliméricas, soluciones acuosas y presentar cambios en el volumen y resistencia de sus elementos.⁵⁷

Los primeros acercamientos en esta aplicación se dieron en los años 50, utilizando laminados de geles poliméricos conductores inmersos en soluciones acuosas⁵⁸, sin embargo esto atrajo poco interés hasta mediados de los 90's

En este medio se desarrollan polímeros que respondan como actuadores macroscópicos, microscópicos o incluso cadenas poliméricas que convierten la energía de diferentes fuentes (campos eléctricos, corrientes eléctricas, luz, temperatura, y presión entre otras) en energía mecánica por interacción con

⁵⁷ T.F. Otero. Biomimetic electrochemistry from conducting polymers. A review Artificial muscles, smart membranes, smart drug delivery and computer/neuron interfaces. *Electrochimica Acta*, 2012, 17 p.

⁵⁸ W. Kuhn, B. Hargitay, A. Katchalsky, H. Eisenberg, *Nature* 165 (1950) 514

Dentro de las aplicaciones electroactivas se pueden encontrar dos formas comunes, Actuadores Electromecánicos, los cuales responden a campos eléctricos, y Actuadores Electroquimiomecánicos, en los cuales intervienen diferentes reacciones químicas del medio.

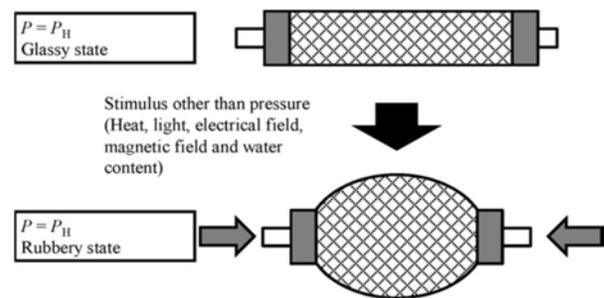
A pesar de los múltiples desarrollos que se han dado en la investigación de estos materiales cabe resaltar que hoy en día no se ha encontrado un homólogo para los músculos naturales que de una equidad en desempeño.⁵⁹

En las aplicaciones que actualmente se encuentran desarrollándose podemos citar la existencia de tres tipos principales, bicapa, tricapas y multicapas, cada una pretendiendo ser mas efectiva que su predecesora, sin embargo todas tienen la limitante de poder ser activadas solo hasta cierto grado si se desea poder tener una reacción reversible sin que se degrade el material.

Esto nos muestra que la investigación de estos materiales se mantiene aun en los ámbitos académicos principalmente, sin embargo hay algunas empresas que han comenzado a desarrollar actuadores basados en polímeros conjugados entre ellas podemos encontrar a Bayer, Micro Muscle AB, EAMEX (quien principalmente trabaja desarrollando microactuadores para robots)

⁵⁹ J.D.W. Madden, N.A. Vandesteeg, P.A. Anquetil, P.G.A. Madden, A. Takshi, R.Z. Pytel, S.R. Lafontaine, P.A. Wieringa, I.W. Hunter, Ieee J. Oceanic Eng. 29 (2004).

A la par de la investigación con músculos electroactivos podemos encontrar una serie de pequeños hallazgos con otras tecnologías en las cuales se encuentran implicados los polímeros inteligentes, como lo son los músculos activados por temperatura y fuerza neumática, los cuales funcionan inflando una red entretejida recubierta de polímeros con memoria de forma⁶⁰ los cuales permiten que al desinflarse el dispositivo este regrese a su estado inicial aplicando una fuerza mayor a la simple contracción del tejido.



Explicación grafica del funcionamiento de los músculos neumáticos con polímero de memoria de forma. Tomado de McKibben artificial muscle using shape-memory polymer, 2010.

Como podemos ver el desarrollo de esta aplicación se encuentra en estadios que van desde el TRL1 , hasta el TRL4 en los casos más avanzados, teniendo esto en cuenta podemos decir que aún falta madurez en la aplicación para su liberación y uso comercial, sin embargo el amplio número de investigadores que trabajan al respecto nos demuestra que podría ser una aplicación viable.

⁶⁰ Kazuto Takashima. McKibben artificial muscle using shape-memory polymer. Sensors and Actuators A: Physical. 2010; 116-124

Aplicación como transductor biológico y comunicación entre computadoras y neuronas.

Hasta hoy la mayoría de los electrodos implantados en humanos, animales y plantas son bastante pasivos, por lo cual tienen una capacidad muy limitada de registro haciendo imposible el flujo continuo de comunicación por pulsos electrónicos, sin embargo recientes investigaciones que trabajan en la reacción entre impulsos eléctricos y polímeros permiten dicho flujo, fomentando así la comunicación entre generadores eléctricos y seres vivos, sirviendo de actuadores y sensores.

Esta función permite el acercamiento hacia sinapsis artificiales que permitan el dialogo entre computadoras y neuronas. Podemos definir estas sinapsis artificiales como simulaciones de pulsos naturales nerviosos mediante un semiconductor seco y modelos matemáticos⁶¹.

Como se puede ver estas aplicaciones están aún en un estadio muy temprano pues se encuentran todavía como pruebas de concepto quedando en un TRL 3, por lo cual su desarrollo tiene aún muchas posibles variables.

⁶¹ T.F. Otero. Biomimetic electrochemistry from conducting polymers. A review Artificial muscles, smart membranes, smart drug delivery and computer/neuron interfaces. *Electrochimica Acta*, 2012, 17 p.

5

Caso práctico: Desarrollo y uso de Poliestireno Inteligente Reciclado (PIR)

Como medio para evaluar la factibilidad del uso de los polímeros inteligentes en la industria mexicana se desarrolla un método para reciclar el poliestireno expandido postconsumo mediante su enriquecimiento dotándolo de propiedades inteligentes, el nuevo *composite* denominado PIR (poliestireno inteligente reciclado) es utilizado como material base para el desarrollo y evaluación de producto dentro de la realidad nacional.



CASO PRÁCTICO: USO DE POLIESTIRENO INTELIGENTE RECICLADO (*PIR*)

Para la comprobación de factibilidad en el uso de polímeros inteligentes en el mercado mexicano, y en el ámbito integrador que caracteriza al diseño, se desarrolla en conjunto con un grupo multidisciplinario, la producción de un material resultado del reciclaje de poliestireno expandido (EPS por sus siglas en inglés, comúnmente conocido en México como Unigel), el cual mediante su enriquecimiento adquiere un valor agregado que le convierte en un polímero inteligente, haciéndolo así competitivo en el mercado.

Dicho material, denominado Poliestireno Inteligente Reciclado (PIR), es el primer entregable del presente trabajo y con él se comprobó la factibilidad de creación del material a nivel doméstico, sin embargo esto no comprueba la posibilidad de uso de los polímeros inteligentes en la generación de productos cotidianos, es por ello que en un segundo entregable se proyectará un objeto-

producto con el cual se generará el plan de negocios, cerrando así el ciclo con la viabilidad económica y administrativa del uso de estos materiales en el desarrollo de productos de diseño.

Como se muestra en los párrafos anteriores la comprobación lleva una serie de etapas a desarrollar, las cuales podemos resumir en:

- I. Obtención del Poliestireno Inteligente Reciclado
- II. Aplicación del PIR
- III. Desarrollo del plan de negocios

Cada una de estas etapas a su vez tienen una serie de divisiones que permiten su desarrollo, así tenemos que cada etapa se divide en:

Etapa I. Obtención del Poliestireno Inteligente Reciclado, se divide en los siguientes rubros:

1. Obtención de película de EPS reciclado en laboratorio
2. Obtención de disolución de Cargas de enriquecimiento
3. Desarrollo de película de PIR
4. Producción en volumen de PIR

Etapa II. Aplicación del PIR

1. Propuestas de Uso
2. Diseño de Producto
3. Elaboración de Simulador
4. Evaluación de Simulador
5. Elaboración de Prototipo

Etapa III. Desarrollo del plan de negocios

Así pues al concluir estas etapas se cuenta con productos terminados de cada una de ellas, los cuales sirven de base para el desarrollo de la siguiente, en la Etapa I el entregable es una muestra del PIR, mientras que en la Etapa II se desarrolla el prototipo del objeto y en la Etapa III el plan integral de negocios.

Etapa I. Obtención del Poliestireno Inteligente Reciclado (PIR)

En esta etapa una serie de pruebas de laboratorio conduce a la obtención de películas finas de polímero, primeramente de poliestireno recuperado del EPS, y posteriormente del PIR, mediante la técnica de disolución y enriquecimiento, en la cual los componentes son unidos por medios físicos en una disolución, la cual al eliminar el agente solvente forma una fina capa del polímero.

El proceso experimental por el cual se obtiene dicho polímero es trabajado en conjunto con el D.I. Mauricio Javier Fajardo Romero, alumno del Posgrado en Diseño Industrial de la UNAM, bajo el protocolo de investigación: *“Desarrollo de método para la obtención de compuesto polimérico sensible a estímulos a partir de material reciclado”*

El proceso experimental de la obtención de PIR se describe a detalle en los anexos del presente documento. En este proceso se han obtenido resultados alentadores ya que a partir de residuos plásticos (específicamente Poliestireno expandido) se ha logrado generar un material inteligente de estireno fotosensible que presenta buenas cualidades ópticas y de trabajo, y con bajas propiedades mecánicas, esto es fácilmente explicable al identificar que las cadenas poliméricas presentes en el EPS que sirve como base son muy cortas, pues su función inicial es la de permitir la fácil expansión en el momento de espumar el material virgen, es entonces que al reestructurarse para formar el nuevo material conservan esta longitud y con ello las capacidades iniciales, sin embargo cuando el material se une con el fotosensibilizante, mejora su resistencia a la ruptura.

5.1 Aplicación del PIR

Introducción

En cuanto a la aplicación del PIR como medio para la comprobación de factibilidad en el mercado mexicano, es decir como investigación que demuestre que en México es viable el uso de los polímeros inteligentes como valor agregado a los productos elaborados a nivel nacional se ha decidido trabajar en colaboración con la investigación de la *Arquitecta Athena Tiburcio Paresqueva*, alumna del Posgrado en Diseño Industrial de la UNAM, en la cual se plantea el desarrollo de un *Sistema Verde Modular para Interiores*, el cual se proyectará utilizando los diversos criterios arquitectónicos, y sustentables aplicables, buscando el mayor grado de eficiencia energética y sobre todo como cierre del ciclo del PIR, ya que al originarse de polímeros residuales postconsumo comúnmente se convierten en un contaminante sólido sin embargo mediante la intervención del diseñador desde los materiales podrá ser utilizado para el cultivo de hortalizas varias y plantas de hornato en el hogar.

En este desarrollo el material será utilizado más allá del sustento básico que puede brindar y de su capacidad impermeable ya que, basado en su habilidad de reacción ante la luz ultravioleta, le darán el valor agregado de servir como indicador visual sobre la cantidad de radiación ultravioleta a la que el modulo es expuesto, es decir, servirá el material por sí mismo para informar sobre la factibilidad del cultivo de ciertos tipos de plantas en lugar de otras.

5.2 Metodología de Evaluación del caso práctico

La evaluación será realizada mediante una serie de instrumentos que al final se utilizaran para justificar la pertinencia del desarrollo del objeto utilizando el PIR; estos instrumentos constaran en primera instancia de un PDP (perfil de diseño del producto) en el cual se describen las condicionantes básicas que debe atender el producto para su proyección, seguido de esto se utilizara la metodología CANVAS tomando el producto como centro de negocio y describiendo las diversas facetas que este requiere para ser llevado al mercado, finalmente se realizara un ESTUDIO DE LAS CONDICIONANTES Y REQUERIMIENTOS necesarios para la elaboración del producto que de paso a la evaluación de factibilidad económica.

Con el resultado de estos análisis se tendrán datos sobre las opciones a seguir para la generación del producto, sus condicionantes, posibles problemas y costo en su elaboración, para poder contrastar esta información con la obtenida de un ANÁLISIS DE LA COMPETENCIA.

La manufactura de cualquier diseño industrial especialmente aquellos que incluyen nuevas tecnologías como lo son los materiales inteligentes, conlleva un cambio en las organizaciones y con esto un costo, el cual en varias ocasiones representa una gran porción del capital de la empresa, es por ello que antes de iniciar este proceso, especialmente cuando se requiere el uso de nuevas tecnologías o materiales, se lleva a cabo una serie de análisis que verifican la viabilidad del proyecto, a esto se le llama la Gestión de la tecnología.

Un aspecto a tomar en cuenta desde el punto de vista del diseño es que las organizaciones toman la decisión tecnológica a nivel directivo, y esto implica que dependiendo de la estructura de la empresa los tiempos necesarios para cambiar los procesos varían. También es importante para la implementación de nuevas tecnologías y materiales la cultura que tengan las organizaciones sobre la tecnología y que tan fácil les sea asimilar los riesgos.

La universidad de Antioquia, Colombia, nos menciona en sus cursos sobre administración que la tecnología ⁶² puede clasificarse desde el punto de vista estratégico de la empresa en:

Tecnologías Clave: Estas son las que la empresa domina completamente y que le mantienen compitiendo o liderando un nicho de mercado.

Tecnologías Básicas: En estas se incluyen todas aquellas tecnologías consolidadas que son indispensables para el desarrollo de la empresa, sin embargo no le presentan una ventaja frente a sus competidores, ya que ellos dominan en igual o mayor grado las mismas tecnologías

Tecnologías Emergentes: Son aquellas tecnologías inmaduras que representan un riesgo para la organización, sin embargo si estas se desarrollan hasta satisfacer las necesidades de la empresa (y esta apostó a su uso) brindan una amplia ventaja competitiva. Es aquí donde varios de los materiales inteligentes se ubican, esto explica muchas de las empresas que ven con recelo su uso, sin embargo aquellas que han logrado desarrollarlos generan amplias ganancias y dominan el nicho de mercado objetivo.

⁶² *Programa de integración de las TIC en la docencia.* (25 de 07 de 2011). Obtenido de Universidad de Antioquia : http://aprendeenlinea.udea.edu.co/lms/moodle/file.php/478/Capitulo_5/Basico/Gestion_tecnologia.pdf

Estas tecnologías deben ser absorbidas por las organizaciones para llevar a cabo los proyectos y para ello comúnmente se realizan cambios estratégicos en la misma, administrativamente esto se maneja mediante un instrumento llamado Plan de Actuación Tecnológica (PAT)⁶³ en el cual se analizan múltiples factores organizacionales para generar estrategias específicas que permitan llevar a la empresa de una situación actual (obtenida mediante un diagnóstico empresarial) a una situación deseable (obtenida con técnicas de planeación prospectiva)

Dentro del PAT se clasifican las estrategias generales, y las particulares, las primeras se refieren a aquellas en las que se “adopta un punto de vista amplio y permiten conocer la evolución de las tecnologías (las que se disponen en la organización y otras desconocidas a ella), así como la evolución del mercado en el que se van a emplear en función de unos objetivos estratégicos de la organización. Mientras que las estrategias particulares se refiere a las tecnologías que se usan actualmente y las necesidades de los clientes de la organización.

⁶³ Elena, A. M. (2005). La gestión tecnológica como herramienta de planeación estratégica y operativa para las unidades de información. *Revista interamericana de bibliotecología de Medellín*, 89-114.

Como se mencionó anteriormente es necesario diagnosticar la empresa para así poder evaluar la inclusión de una nueva tecnología (en este caso tecnología de materiales) en la misma, a esto se le llama Diagnóstico Tecnológico y se realiza por medio de diversos instrumentos entre los que encontramos:

Análisis de Mercado

Benchmarking

Prospectiva Tecnológica

Análisis de Patentes

Auditorias tecnológicas

Todos estos instrumentos administrativos varían de acuerdo a la necesidad de cada empresa sin embargo tienen la misma finalidad y es la de conocer la situación actual de la organización.

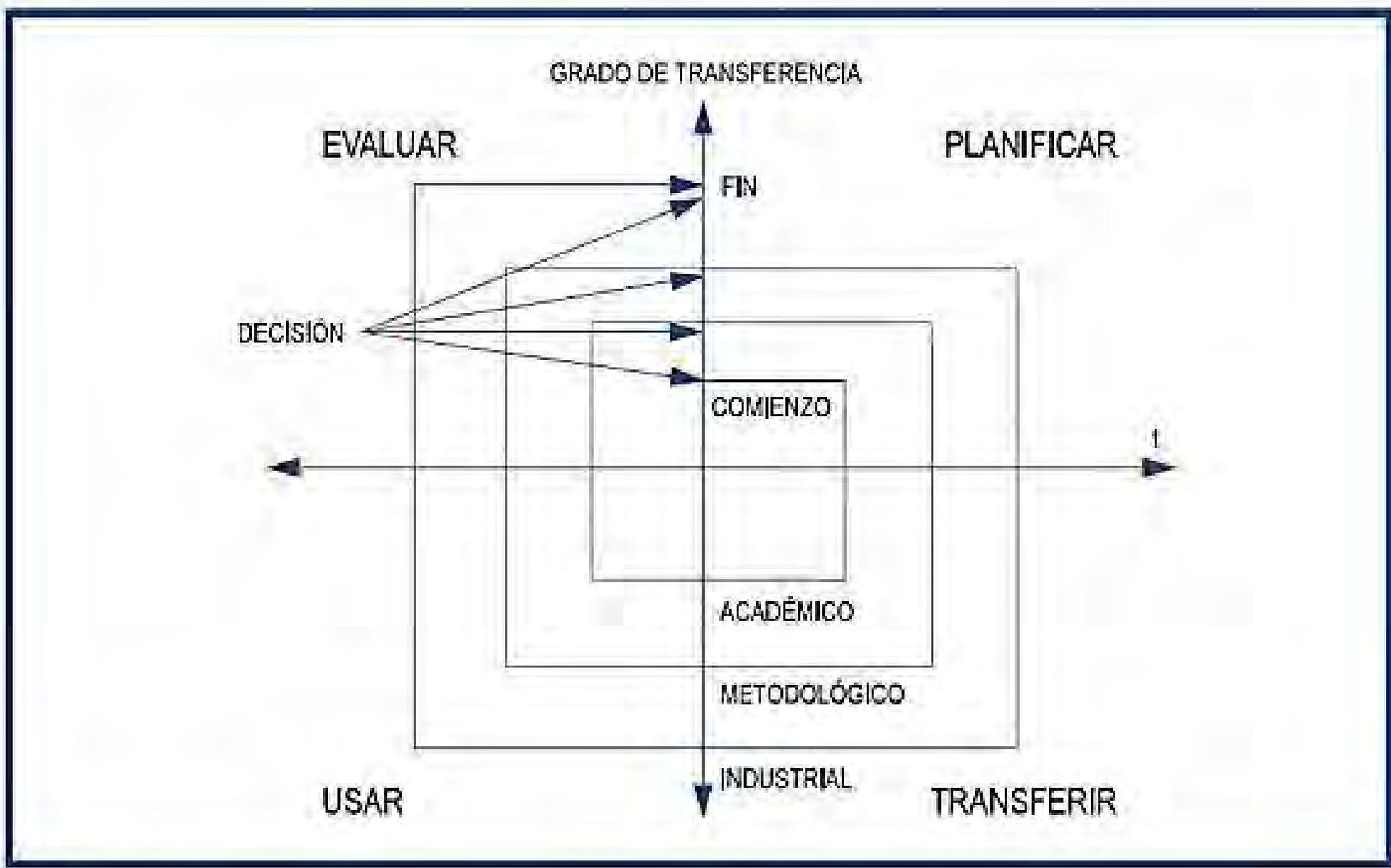
Una vez definido el PAT, la organización debe ponerlo en práctica, lo cual se conoce como la fase de Transferencia de Tecnología, es decir la fase en la cual la organización va del estado actual al estado deseable mediante la aplicación, seguimiento y evaluación de las diversas estrategias que componen el PAT.

Sin embargo esta transferencia tecnológica presenta una serie de barreras que impiden su desarrollo pleno, estas se clasifican en :

- Barreras tecnológicas. La tecnología no es adecuada para los problemas que se pretenden resolver (generalmente hay un exceso de confianza en la misma).

- Barreras organizativas. El proceso de transferencia de tecnología no ha sido adecuadamente planificado o controlado.
- Barreras personales. Existe un rechazo de la nueva tecnología o al proceso de adopción seguido que se interpreta como una agresión a la actividad que se viene llevando a cabo (identificada con el uso de la tecnología anterior).

Estas barreras deberán ser solventadas en la organización mediante el uso de diversos modelos de transferencia tecnológica, los cuales podemos clasificar en dos: Modelos para tecnologías maduras y modelos para nuevas tecnologías.



MODELO PARA LA ADOPCIÓN DE TECNOLOGÍAS INMADURAS

5.3 Perfil de Diseño de Producto (PDP)

El perfil de diseño de Producto, también conocido como PDP, es el documento en el cual se condensan las características básicas que el objeto deberá cubrir para satisfacer las necesidades del usuario, así como brindar los límites dentro de los cuales el diseñador podrá desarrollar el producto. Para elaborar el PDP se responde a una serie de puntos que brindan información útil al diseñador entre los cuales se analiza el usuario, productos similares, tecnologías disponibles, materiales e incluso características estéticas deseables en la configuración final.

En esta ocasión el PDP es desarrollado en con la arquitecta Athena Tiburcio explicado anteriormente siendo el producto final resultado del trabajo multidisciplinario conjunto

Desarrollo del PDP

Aspectos de Mercado

Quién o quienes lo van a usar:

Lo va a utilizar una persona que busque un oasis del estrés causado por la vida cotidiana de una ciudad y que tenga gusto por las plantas. Debe ser una persona que disponga de tiempo para disfrutar de la naturaleza y que le guste ver elementos vegetales, con pocos conocimientos sobre jardinería pero con interés en el tema.

Que es lo que se espera del producto:

El propósito es incorporar elementos del exterior dentro de la vivienda sin requerir un esfuerzo para su mantenimiento. Este producto debe ser versátil, para poderse adaptar a cualquier estilo de vida y ubicación dentro del hogar, sin tener como impedimento las orientaciones previas del espacio habitable. Además podrá ser capaz de bloquear el ruido del exterior, sin impedir la transmisión de luz solar hacia el interior.

Donde se va a colocar y/o usar:

El sistema de naturaleza urbana esta creado para ser utilizado preferentemente en el área de sala comedor de la vivienda del sector social medio, medio alto.

Donde se pretende adquirirlo:

El producto se debe promover en ferias de objetos innovadores del diseño y se podrá adquirir en tiendas y almacenes de mobiliario para el hogar y tiendas para cuidado del mismo.

Que le ofrece la competencia:

Ya existen diversos tipos de muros para interior con la característica de contener plantas como los muros exteriores, pero la mayoría de estos son módulos que requieren muros fijos y que de igual manera sirven de aislante y aportan oxígeno al medio ambiente. Estos se componen de módulos pequeños de polipropileno reciclado con dimensiones de 10 cm x 10 cm y 6cm de fondo y un peso de 15 kg.

Sistemas Modulares:

Marca.: GreenTech ITM

País de origen: USA

Material: polietileno reciclado

Dimensiones: 1.3 m2 (área)

Peso de modulo vacío: 15 kg

Sustrato: tierra

Riego: manual o aspersión



Marca : Vertigreen ®

País de origen: Singapur por HDB

Building Research Institute (BRI) and
NParks' Centre for Urban Greenery and
Ecology (CUGE)

Dimensiones: 1.3 m2 (área)

Compartimientos: 16

Sustrato: tierra

Riego: aspersión



Muro verde de Geotextil:

Marca: Formato Kit

País de origen: España

Sustrato: tierra

Riego: manual

Características: ligero, fácil de trasplantar
vegetación



Sistema de Cultivo en Tierra:

Marca: Muro Cultivo

País de Origen: México

Materiales: tierra con abono

Riego: manual

Características: sistema piramidal

Desventajas: ocupa mucho espacio y es frágil



Marca: Mini Garden

País de Origen: España

Materiales: PVC

Sustrato: tierra con abono

Riego: manual/ gota-a gota utilizando un micro tubo

Características: apilable

Dimensiones: 140 x 646 mm

Desventajas: solo se puede apilar 9 módulos

Precio: \$899.00 mxn (kit con tres módulos)



Sistemas Hidropónicos:

Mca.: Windowfarms

País de origen: EUA

Materiales: Plásticos y Estructura de metal

Sustrato: arcilla granulada

Riego: por goteo y filtración

Mecanismo: bomba de aire y temporizador

Características: Requiere checar Ph
constantemente y cambio de formula semanal

Desventajas: Solo se puede utilizar vegetación
con poco follaje

Precio: \$199.00 US (no existen envíos a
México)



Como podría ser mejor:

Los ejemplos análogos tienen diversos problemas estructurales, carecen control de humedad, ocupan mucho espacio, o requieren atención semanal para el mantenimiento de las plantas.

Lo ideal es tener un elemento que se mimetice en el espacio, haciendo que la vegetación resalte, que sea hecho de un material resistente, sin ocupar mucho espacio horizontal (ya que los espacios son reducidos en las viviendas), que requiera poco mantenimiento, y que aporte un uso adicional, no solo estético.

Cual sería un precio adecuado:

El precio sería \$300.00 mxn por modulo, para riego manual.

\$500.00 mxn por modulo, automatizado.

Aspectos Productivos

Cantidad y Tiempo

Por las características del producto se espera una alta producción continua que permita abatir costos.

Donde se va a producir

La producción se llevara a cabo en México, ya que es un producto nacional para minimizar el impacto que tiene el transporte en el ambiente.

De que maquinaria y proceso se dispone

Se espera poder elaborar el producto con tecnología comúnmente encontrada en México como la inyección de plásticos, extrusión, maquinado, calado, y todas aquellas tecnologías maduras que sean necesarias.

Que materiales se pueden emplear

Materiales del módulo:

Los materiales deben ser flexibles y fáciles de moldear. Debe ser un material reciclado, natural o de bajo impacto ambiental.

Dentro de estos se encuentra la madera certificada y tratada, ya que para espacios interiores brinda la sensación de calidez, es un material orgánico y con el adecuado tratamiento se puede garantizar por muchos años

Otra posibilidad son las láminas de Vetaplasr, de la compañía Plastilam. Estas láminas son ecológicas, hechas de plásticos reciclados y son utilizadas por su durabilidad, resistencia, escaso mantenimiento y diseño.

Se trabaja igual que la madera y también se puede moldear con calor.

Materiales para sustrato:

El sustrato es el lugar donde se desarrollan las raíces de los cultivos, que a su vez sirve como soporte de la planta, y almacén de agua, oxígeno y nutrientes que esta necesita para su crecimiento. La elección del tipo de sustrato se determina por su porosidad, capacidad de retención de agua, su acidez o alcalinidad (pH), y la cantidad de nutrientes solubles (CE) que contiene. Y puede ser: Fibra de Coco, Tierra preparada (Esta se divide en dos fracciones: inorgánica o mineral y orgánica o hummus.), Hidrogel, Formula Hidroponica, Agrolite, Arena de tezontle, Arena de rio, Arena volcánica.

Recipientes:

Los recipientes utilizados en un sistema hidropónico varían dependiendo el cultivo, el costo de la inversión, y el tiempo de producción. Existen recipientes de diferentes tamaños, forma, material, y costo, dentro de estos se encuentran los siguientes:

Tipo	Tipo de Producción	Costo	Tamaño	Forma	Material
Bolsas de Polietileno	Residencial y comercial	Bajo	Varia	Varia	No reactivo
Macetas Ornamentales	Residencial	Alto	Varia	Varia	Cerámica, plásticos, etc.
Bancadas	Comercial	Bajo	Gran escala	Adecuada a cada cultivo	Idóneos para el cultivo

Cuáles son las expectativas de utilidad

Se estima que el costo de producción será el 40% del valor comercial del producto y la ganancia del 50%, una vez que se pague la distribución y comercialización.

Aspectos Funcionales

Que deberá hacer

El producto deberá permitir la manutención automatizada de vida orgánica.

Como lo deberá hacer

Deberá ser auto portante, con mecanismos que permitan la automatización del cuidado de plantas, brinde información sobre la ubicación óptima, sea energéticamente eficiente y de fácil armado.

Donde lo deberá hacer

Se propone este sistema preferentemente para la sala – comedor de los hogares de la ciudad de México.

Frecuencia de uso

La frecuencia de uso es permanente, ya que el sistema no requiere mantenimiento. Si se adquiere el sistema manual, el riego se llevar a cabo 1 vez por semana y durante tiempo de invierno 1 vez cada quince días.

Que deberá resistir

Requiere resistir golpes generados por el paso del hombre, trato brusco en caso de tener mascotas en casa, así como a insectos, hongos y soportar ataques químicos generados por las plantas.

Como se le dará mantenimiento

El mantenimiento necesario será llenar el compartimiento de agua para el riego de las plantas, y en su caso el cambio de módulos completos una vez que su vida útil termine.

Aspectos Ergonómicos

Como debe usarse

El montaje del sistema modular debe tener como principio “ármelo usted mismo,” utilizando herramientas básicas para su ensamblaje. El llenado del depósito deberá evitar esfuerzos repetitivos y cargas pesadas en el usuario.

Que tan fácil y cómodo debe ser

Debe permitir el fácil regado de las plantas, independientemente de la ubicación vertical del módulo, sin afectar al cuerpo humano.

Como debe transportarse

Deberá transportarse desarmado, empacado en cajas debidamente protegidos.

5.4 PROPUESTA DE DISEÑO.

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

El producto será un sistema modular verde, para generar divisiones interiores donde pueda soportarse la vida vegetal. Se ha trabajado desde sus inicios en colaboración con la Arq. Athena Tiburcio, cursante del posgrado en Diseño Industrial, quien dentro de su trabajo de investigación ha estudiado los requisitos para la elaboración de muros verdes y muros divisorios interiores. En colaboración con ella se realizó el PDP y los primeros acercamientos al concepto de producto.

Una vez que se han reunido las características que debe cubrir el producto mediante el PDP y el análisis de mercado, se han desarrollado una serie de propuestas utilizando la metodología IDEO de diseño, en la cual se acudió con usuarios reales a solicitar información, para posteriormente realizar lluvia de ideas y con esto poder evaluar las rutas de diseño más viables a seguir.

Como producto de este trabajo se maduró la idea del proyecto en la cual un contenedor apilable se desarrolla como muro divisorio para interiores, utilizando una serie de componentes que permiten automatizar el riego del mismo, requiriendo únicamente rellenar un contenedor de agua una vez por semana.

Estos contenedores fabricados en polietileno de baja densidad, tendrán un elemento de unión fabricado en PIR (Poliestireno Inteligente Reciclado), este elemento se tomara en cuenta para la evaluación de la aplicación de los polímeros inteligentes en la generación de productos. Se ha decidido que sea únicamente una pequeña parte del producto final, por las características técnicas del producto, ya que entre otras condicionantes el precio es importante, así como la facilidad de reemplazo de componentes.

En la propuesta desarrollada el PIR es utilizado a manera de indicador visual de la cantidad de radiación UV que reciben las plantas, y por lo mismo funciona para servir de escala y guía para conocer qué tipo de planta es óptima para la ubicación del producto.

En las siguientes imágenes se muestra el objeto dentro del entorno de uso, destacando su modulación y ensamblado, cabe señalar que la parte elaborada en PIR se maneja en tono verde. El producto está compuesto por Conectores, Recipiente y Contenedor (elaborado en PRI), estos unidos a una base que permite la portabilidad del objeto y contiene los dispositivos electrónicos del sistema, entre ellos sensores y bombas, así como el tanque de agua. Sin embargo este último elemento es decir la base, se dejara de lado temporalmente ya que no es el objetivo de este documento, centrándonos únicamente en los elementos plásticos donde el polímero inteligente interactúa.

Igualmente se incluye un corte del sistema donde se explica gráficamente el circuito hídrico

Hay que recordar que el diseño de este producto sirve únicamente como modelo de evaluación de la aplicación de los polímeros inteligentes en el mercado mexicano y no es el objetivo de este documento, sin embargo pueden encontrarse aun así los planos del mismo en la sección de Anexos.

Propuesta de diseño.

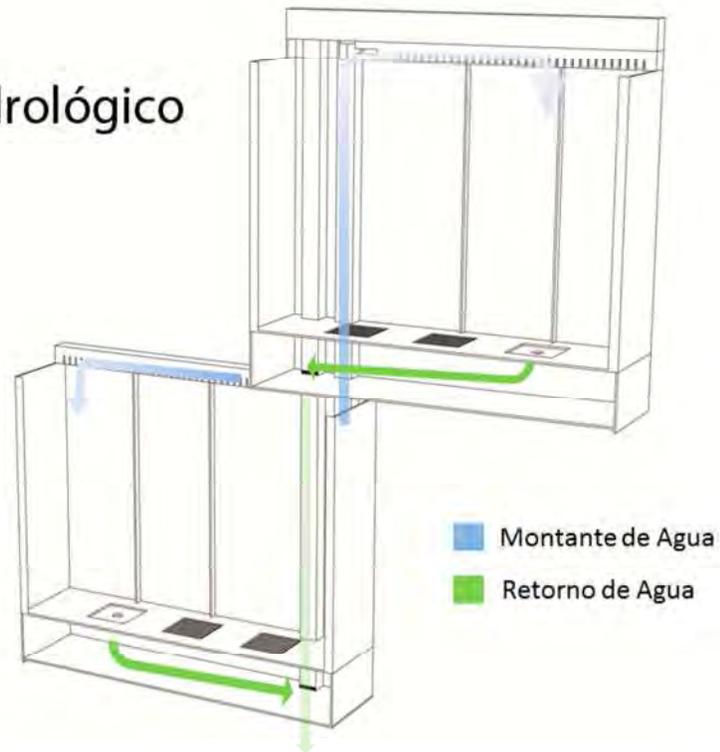
ILUSTRACIÓN DEL PRODUCTO







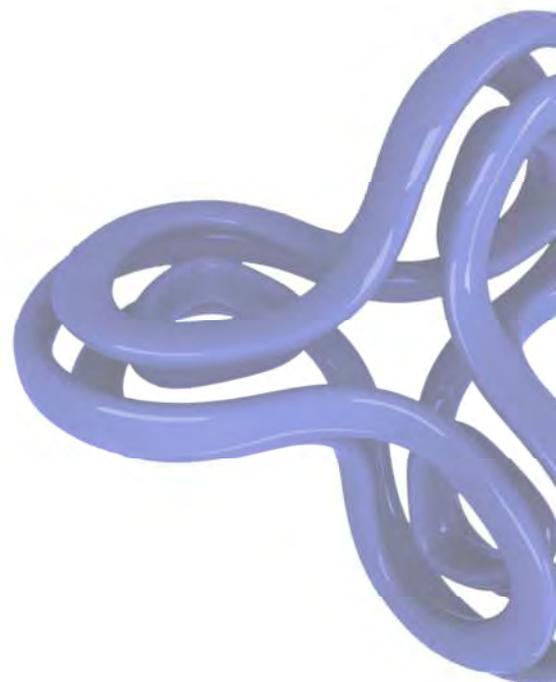
Ciclo Hidrológico



En el producto, el agua montante (en color azul) sube mediante bombeo por una manguera semirrígida a través de canales ubicados en las uniones y se distribuye independientemente en cada nivel. El líquido sobrante (representado en color verde) es filtrado por el sustrato y cae del contenedor al recipiente a través de una serie de rejillas, por acción de la gravedad y una pendiente interna se transporta hasta el canal paralelo que funciona como bajada de agua, hasta un depósito en la base donde se une con agua limpia y es bombeado nuevamente por el montante.

6

Evaluación
de
factibilidad
del proyecto



6.1 MÉTODO CANVAS PARA LA GENERACIÓN DE NEGOCIOS

El Método CANVAS es una forma gráfica que permite conocer las relaciones internas y externas entre los elementos base de un negocio, es decir es un Método para simular las relaciones, requisitos y oportunidades de la empresa antes de su creación. En dicho método los diversos actores de negocio son interrelacionados de manera gráfica, facilitando así su comprensión a diferencia de otros métodos como el MACTOR o el de MATRIZ DE IMPACTO CRUZADO, que requieren un mayor grado de conocimiento para su interpretación, esta forma visual de trabajar del método lo hace idóneo para un primer acercamiento a la búsqueda de requerimientos a satisfacer para la formación de un negocio, en este caso la generación del producto conocido como **“Sistema Verde Modular para Interiores”**.

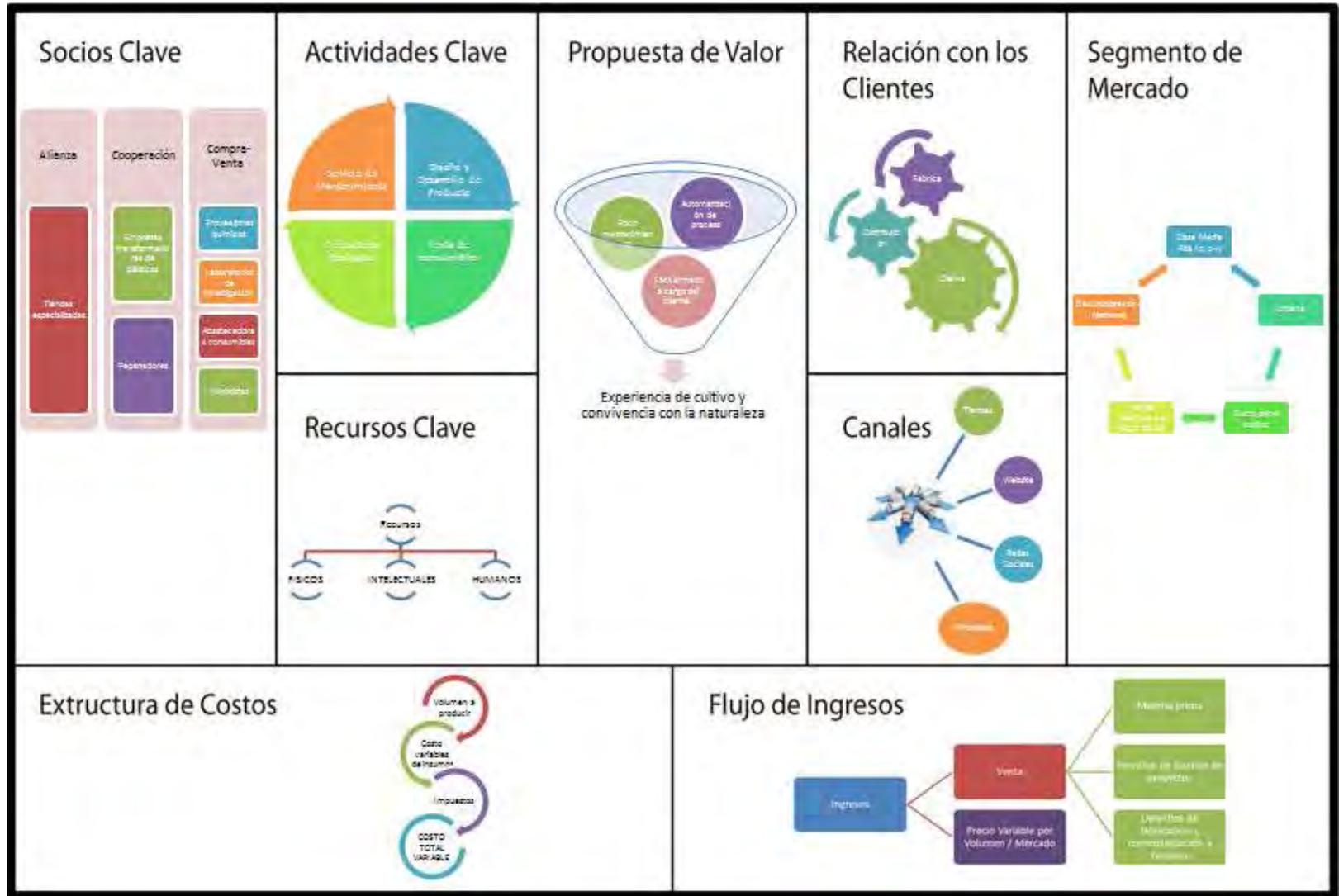
En este método se relacionan el segmento de mercado, la propuesta de valor, la relación con los clientes, los canales de distribución, las actividades, recursos y socios clave, junto a la estructura de costos y el flujo de ingresos. En otras palabras se recauda información sobre los diversos actores internos y externos para resolver los puntos de contacto que existen y obtener así una proyección de la dinámica empresarial.



El método CANVAS determina en primer lugar el Segmento de clientes las características básicas del mercado objetivo, para proceder a descubrir la propuesta de valor, es decir lo innovador del producto relacionando estos factores mediante los canales de distribución y la relación con el cliente. Posteriormente se analizan las actividades, recursos y socios clave para poder brindar el satisfactor al cliente.

Finalmente se analizan los costos y como se generan al mismo tiempo de buscar cómo se distribuye el flujo de ingresos en la empresa cerrando así el ciclo de trabajo.

En las siguientes páginas se desarrolla el método aplicado al Sistema Verde Modular para Interiores.



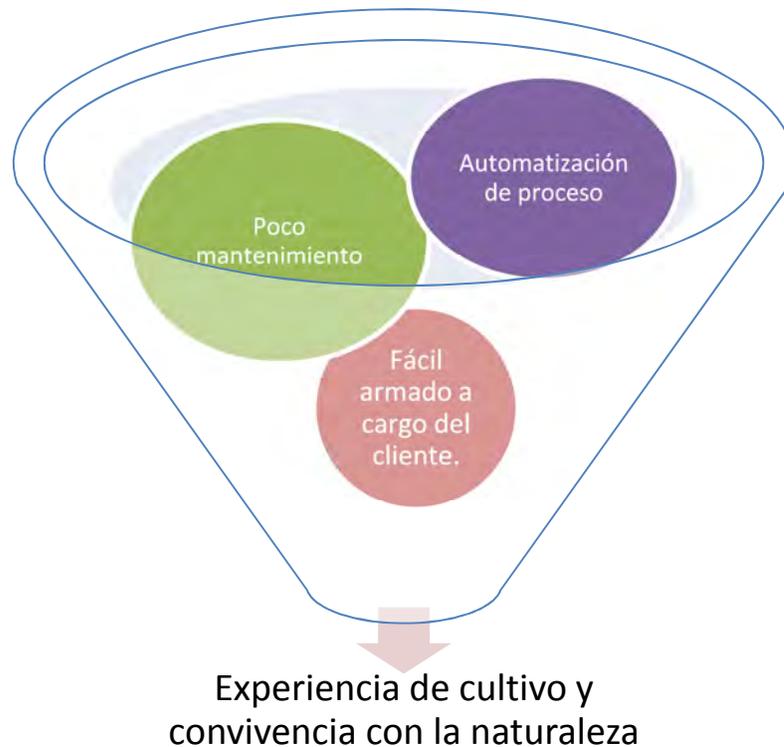
Cuadro Resumen del Método CANVAS, se desarrolla en las páginas siguientes.

Segmento de Mercado



El mercado al cual el producto va dirigido está formado por consumidores de clase Media a Media alta (Clase C y C+ de acuerdo a la clasificación socioeconómica de la Asociación Mexicana de Agencias de Mercado y Opinión Pública), que viven en zonas Urbanas y tienen un trabajo continuo, interesados en el cultivo y la relación con la naturaleza pero sin tiempo y/o habilidad para atender cultivos propios y están interesados en el estilo minimalista en sus decoraciones interiores.

Propuesta de valor



El producto tiene como valor principal brindar la experiencia de cultivo en ambientes urbanos, especialmente a personas con poca pericia y tiempo para atender los ciclos vegetales, es por ello que el producto busca un grado de automatización que permita aun así cierta interacción de parte del usuario, para involucrarlo a nivel emocional con el resultado del cultivo., esta interacción

va desde el momento del ensamble, preparación del dispositivo semanalmente y goce del cultivo.

Por otra parte la manufactura se centra en materiales reciclables y reciclados, utilizando el PIR como un elemento que cumple funciones estructurales y como sensor lumínico ya que indica cromáticamente el grado de radiación recibida permitiendo identificar el tipo de cultivo adecuado de acuerdo a la ubicación del producto.

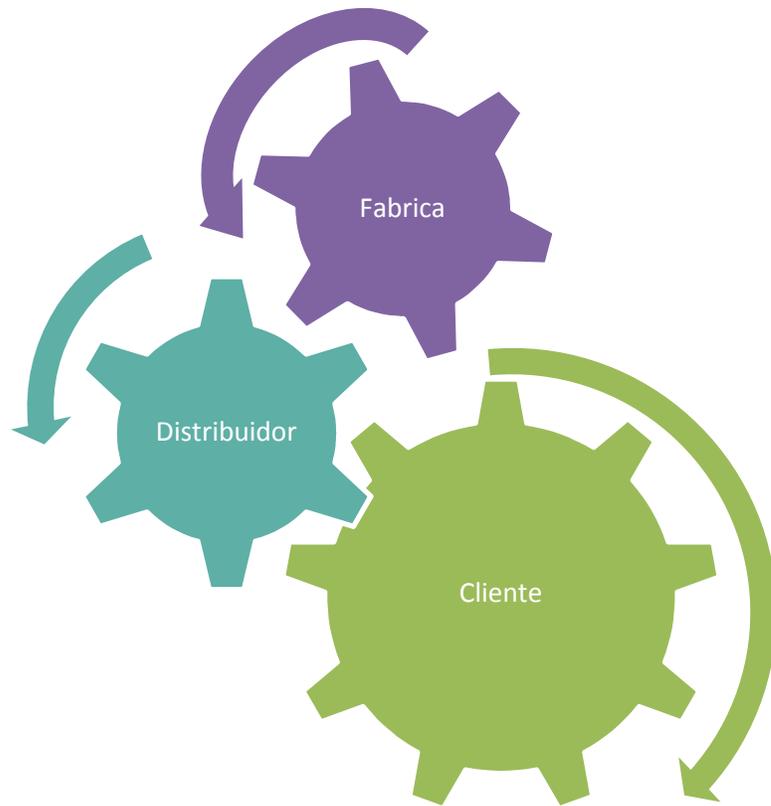
Canales de distribución



La venta del producto se plantea en tiendas de autoservicio especializadas en construcción y mantenimiento, así como aquellas de diseño de interiores, la presentación de venta incluye el equipo básico de instalación y 3 módulos pudiendo comprar módulos adicionales en grupos de 3.

Igualmente la venta sea al menudeo o mayoreo podrá realizarse mediante el uso de las nuevas formas de comercio electrónico como son la venta mediante Website y redes sociales, con pago previo y envío por paquetería.

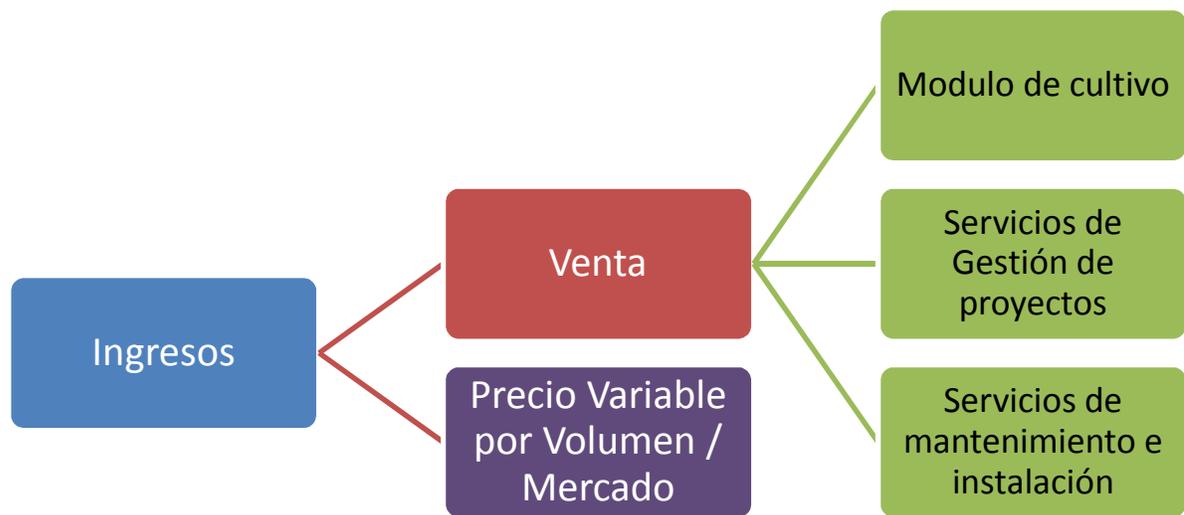
Relación con el cliente



Por el método de distribución la relación con el cliente tiende a ser indirecta, ya que la retroalimentación será recabada mediante los puntos de venta y servicio.

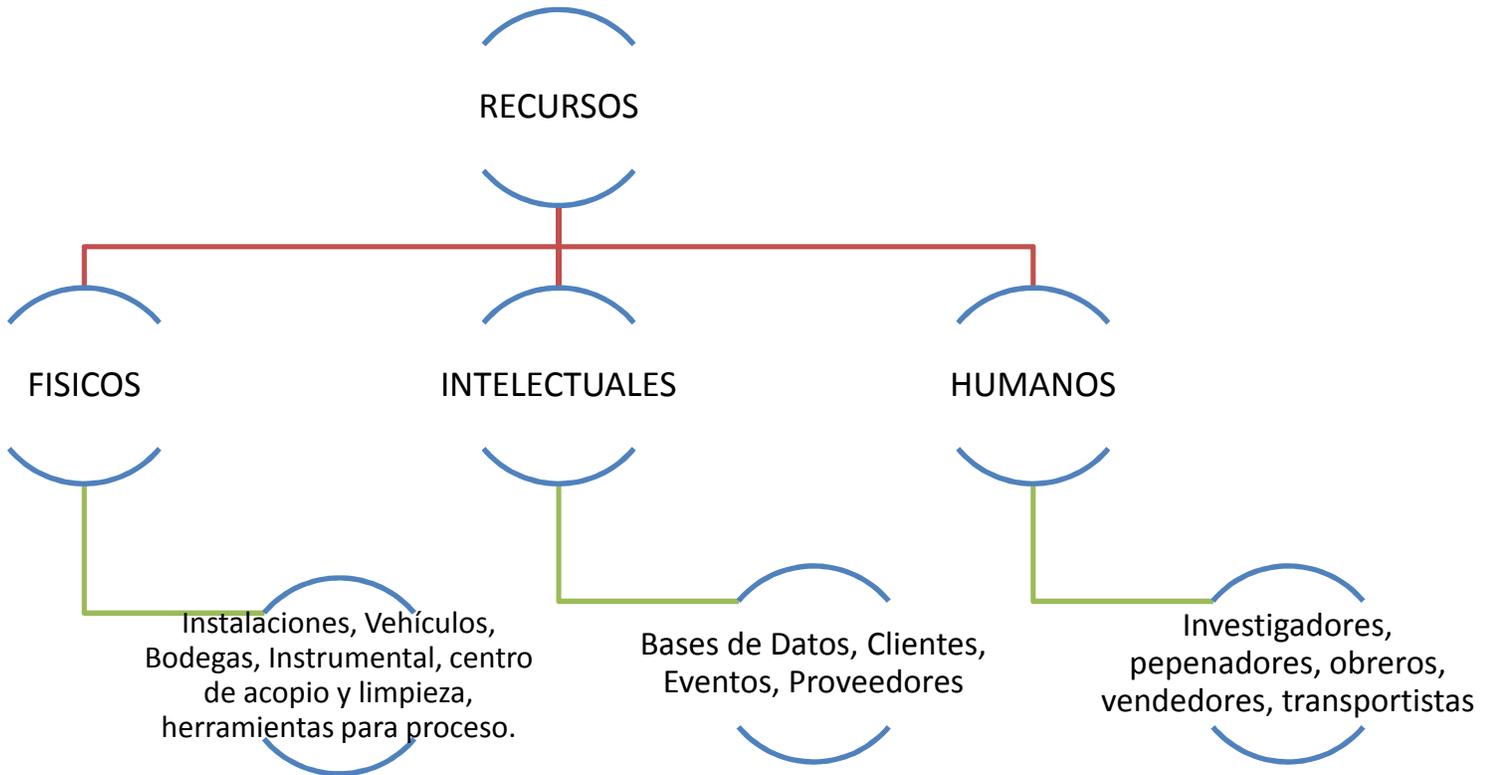
Igualmente se considera que la instalación de un servicio de quejas y sugerencias mediante la página en internet permitiría aproximarse al cliente, sin embargo el trato que la empresa mantendrá directamente es con los distribuidores.

Flujo de Ingresos



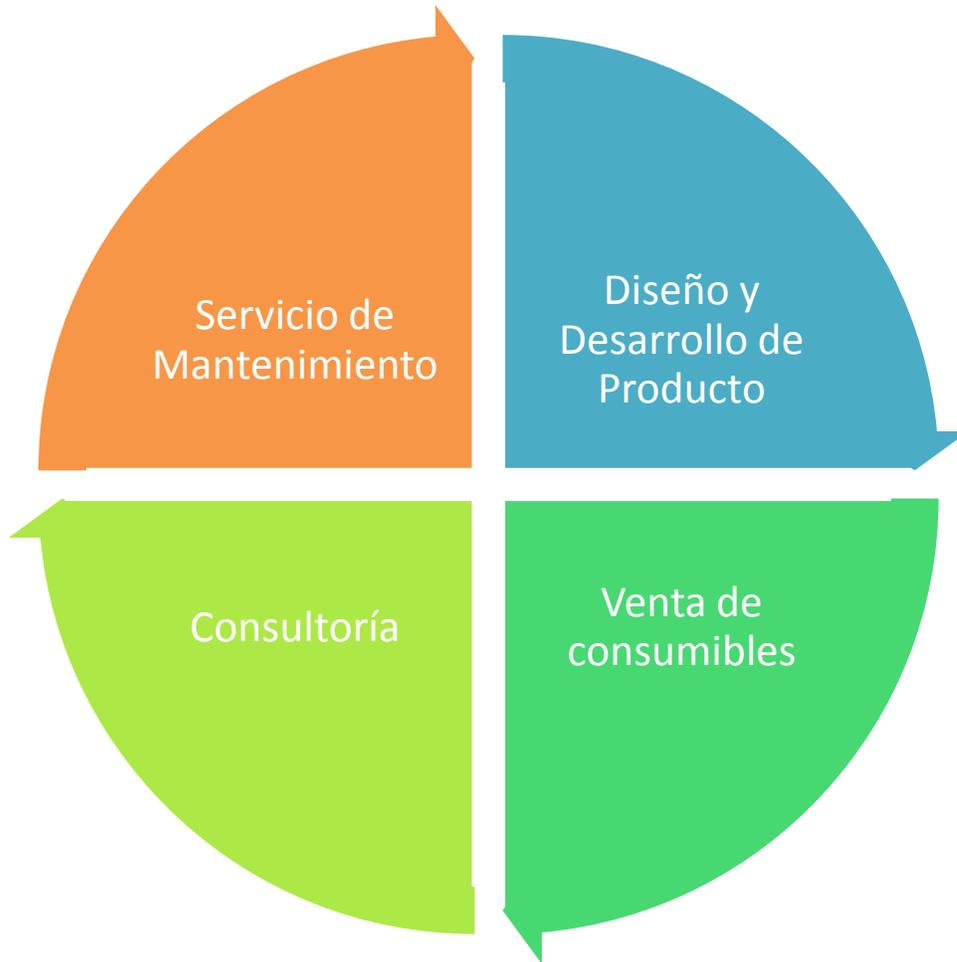
Los ingresos en la empresa que se dedique a la creación del objeto serán variables ya que dependerán del volumen de ventas y del precio variable de los insumos, sin embargo estarán basados en la venta de 3 distintas vertientes, la primera es la venta común del módulo de cultivo y accesorios, el segundo la resolución de proyectos especiales utilizando el modulo, como pueden ser decoración de hoteles o espacios públicos y finalmente por la venta del servicio de mantenimiento y la opcional instalación del módulo por parte de profesionales subcontratados por la empresa.

Recursos clave



La empresa dedicada a la fabricación y comercialización del producto requiere ciertos recursos especializados primordialmente intelectuales y humanos, ya que el servicio e instalación requerirá de técnicos con formación básica en cultivo y al mismo tiempo conocimientos de diseño de interiores, por otro lado se requiere mantener la investigación en búsqueda de nuevas aplicaciones que permitan expandir el mercado.

Actividades clave



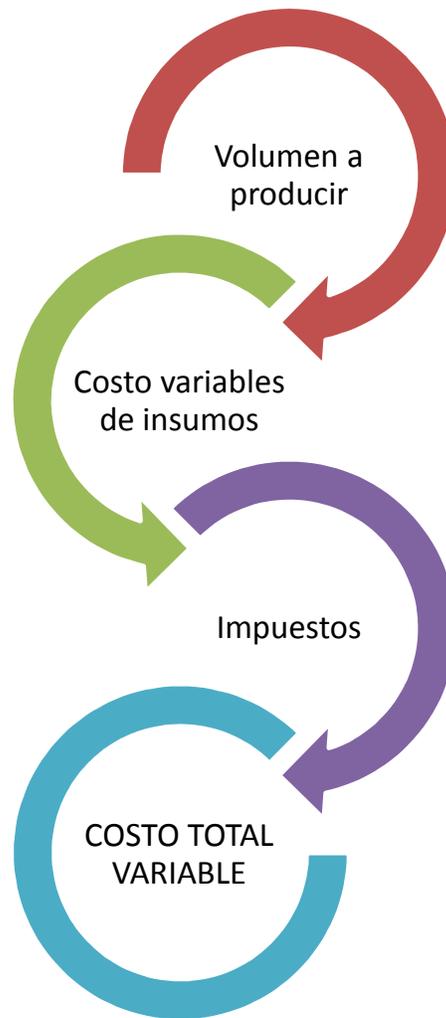
Una empresa dedicada a la venta *Sistema Verde Modular para Interiores* debería cubrir ciertas actividades aparte del diseño y desarrollo del producto, entre ellas la posible venta de consumibles y refacciones, para dar mantenimiento al mismo ampliando su ciclo de vida, dicho mantenimiento debería poder ser realizado por la empresa capturando recursos secundarios a base del producto principal, finalmente el servicio de consultoría en el cual puedan desarrollarse proyectos que utilicen el sistema desarrollado como base, captando mercados no previstos anteriormente. Estas actividades requerirían entonces de una estructura flexible y dinámica.

Socios clave



Como parte de la estrategia de ventas de una empresa dedicada a comercializar el sistema se requiere una alianza comercial con las tiendas especializadas, y una cooperación con otros elementos como son las empresas transformadoras de plásticos que pudieran llevar a cabo ciertos procesos o componentes y los pepenadores que reúnan el material a reciclar para formar el PIR, que es un elemento diferenciador en el objeto, finalmente las relaciones de compraventa con proveedores, y abastecedores de consumibles (como el pellet y pigmentos especializados) permitirán reunir los elementos necesarios para la elaboración y comercialización del producto.

Estructura de costos



Debido al volumen variable y el costo cambiante de los insumos, será necesario garantizar con los proveedores un precio tope que permita calcular los costos mediante el sistema de Precios Promedios, ya que si se utiliza el sistema de PEPS (Primeras Entradas-Primeras Salidas) o UEPS (Ultimas Entradas – Primeras Salidas) estos serían demasiado variables para poder ofrecer estabilidad a las tiendas donde se pretende vender el producto.

Adicionalmente a esto es importante tomar en cuenta factores nacionales como las

variables políticas hacendarias y situaciones como la inseguridad para amortizar los costos que esto representa a lo largo de la producción y así mantener un margen de utilidad estable.

Resumen del Método Canvas

Es factible la implementación de una organización que se dedique a la fabricación y comercialización del Sistema Verde Modular para Interiores, ofreciendo además otros servicios que aumentan el flujo de capital teniendo como base el producto, servicios de instalación, mantenimiento e incluso desarrollo de proyectos.

Una empresa dedicada a lo anterior tendrá una estructura que mantenga la relación con el cliente mediante los distribuidores del producto, el cual además tendrá venta directa utilizando el comercio electrónico.

El flujo de ingresos y los costos dependerán del volumen de venta como en cualquier empresa sin embargo al fabricar un material a partir del reciclaje de residuos poliméricos subutilizados actualmente, se contara con la ventaja competitiva de adquirir a muy bajo precio, un recurso diferenciador como es el uso de los polímeros inteligentes que complementan el diseño del objeto en su búsqueda por ofrecer una experiencia especial al mercado meta.

6.2 Estado financiero proyectado proforma.

visualizar de forma cuantitativa los resultados de planes y programas, así como prever situaciones emergentes que puedan surgir, permitiendo evaluar el estado financiero y administrativo de la misma.

Junto con el estado proforma se puede calcular el punto de equilibrio en base a suposiciones de producción-venta / inversión, y con ello conocer el riesgo de realizar los planes necesarios para la generación del producto.

Para el presente ejercicio se ha utilizado un sistema automático de evaluación llamado “sistema de evaluación financiera de proyectos de inversión” utilizado en varias incubadoras de empresas para el análisis de la viabilidad financiera de ideas emprendedoras de negocios. Cabe aclarar que los datos

Los estados proforma, o también llamados estados proyectados, permiten

vertidos en la sección de costos y gastos son producto de cotización en línea realizada el primer semestre del 2013 a productores chinos, basados en la producción de 1000 ejemplares completos del sistema modular, mientras que el costo en terreno y edificio ha sido obtenido de información en línea de servicios inmobiliarios.

Por motivos de practicidad en la presentación de este documento, se agregan aquí únicamente los resultados de dicho ejercicio mediante capturas de pantalla del sistema, ya que el programa utilizado incluye múltiples hojas relacionadas al funcionamiento interno, e incluyen datos generados automáticamente sobre los que no se tiene control y no son de importancia para los propósitos de evaluación que se persiguen.

NOMBRE DEL PUESTO	No. de puestos	Sueldo	Prest. Social	Sueldo mensual	Total nómina mensual	Total Sueldos	Total Prest. Sosc.
			35%				
gerencia	2	\$15,000	\$5,250	\$20,250	\$40,500	\$30,000	\$10,500
dibujante	1	\$8,000	\$2,800	\$10,800	\$10,800	\$8,000	\$2,800
limpieza	1	\$800	\$280	\$1,080	\$1,080	\$800	\$280
			\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
			\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
			\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
			\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
			\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
			\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
	4				\$52,380	\$38,800	\$13,580

GASTOS INDIRECTOS FIJOS MENSUALES

* Sin considerar depreciación (esta se acumula en Edo. Result.)

AREA DE PRODUCCIÓN

Renta (m ²)	\$ 20,000.00
Luz	\$ 3,000.00
Agua	\$ 300.00
comunicaciones	\$ 2,000.00
papelaría	\$ 500.00
seguros	\$ 1,500.00
seguridad	\$ 500.00
SubTotal gastos fijos	\$ 27,800.00

GASTOS DE ADMINISTRACIÓN

* Sin considerar depreciación (esta se acumula en Edo. Result.)

Gastos fijos mensuales	
Sueldos	\$ 287,550.00
Renta (m ²)	\$ 2,000.00
Luz	\$ 1,000.00
Telefono	\$ 500.00
Otros	
TOTAL	\$ 291,050.00

DESGLOSE DEL RUBRO DE SUELDOS							
NOMBRE DEL PUESTO	No. de puestos	Sueldo	Prest. Social	Sueldo mensual	Total nómina mensual	Total Sueldos	Total Prest. Sosc.
			35%				
Diseñador	2	\$35,000	\$12,250	\$47,250	\$94,500	\$70,000	\$24,500
Abogado	1	\$15,000	\$5,250	\$20,250	\$20,250	\$15,000	\$5,250
Contador	1	\$8,000	\$2,800	\$10,800	\$10,800	\$8,000	\$2,800
Operativos	15	\$8,000	\$2,800	\$10,800	\$162,000	\$120,000	\$42,000
			\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
			\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
			\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
	19				\$287,550	\$213,000	\$74,550

GASTOS DE DISTRIBUCION Y VENTA

* Sin considerar depreciación (esta se acumula en Edo. Result.)

Gastos fijos mensuales	
Sueldos	\$ 19,575.00
Renta (m ²)	
Luz	
Telefono	
Otros	
TOTAL	\$ 19,575.00

DESGLOSE DEL RUBRO DE SUELDOS							
NOMBRE DEL PUESTO	No. de puestos	Sueldo	Prest. Social	Sueldo mensual	Total nómina mensual	Total Sueldos	Total Prest. Sosc.
			35%				
vendedor	2	\$6,000	\$2,100	\$8,100	\$16,200	\$12,000	\$4,200
marketing	1	\$2,500	\$875	\$3,375	\$3,375	\$2,500	\$875
			\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
			\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
			\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
			\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
	3				\$19,575	\$14,500	\$5,075

INTEGRACION DE LA INVERSION INICIAL

ACTIVO FIJO

Concepto	Inversión inicial (primer mes)	Inverisiones adicionales		
		Mes 4 ▼	Mes 5 ▼	Mes 4 ▼
Terreno	\$ -	0	0	0
Edificio	\$ 2,000,000	0	0	0
Equipo de transporte	\$ 80,000	0	0	0
Mobiliario y equipo	\$ 10,000	0	0	0
Maquinaria y equipo	\$ 1,791,215	0	0	0
Equipo de computo	\$ 40,000	0	0	0
		0	0	0
Total inversión inicial	\$ 3,921,215	0	0	0

CAPITAL DE TRABAJO

\$30,000

EVALUACIÓN FINANCIERA DEL PROYECTO

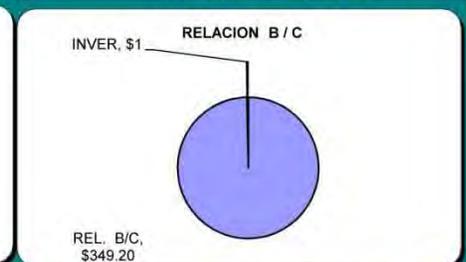
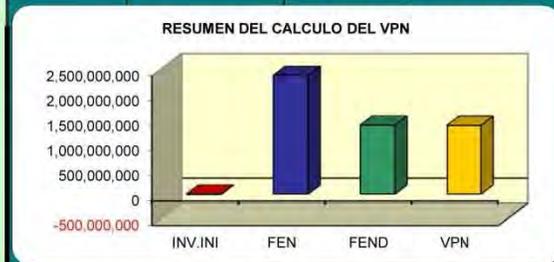
Generación de Productos PIR



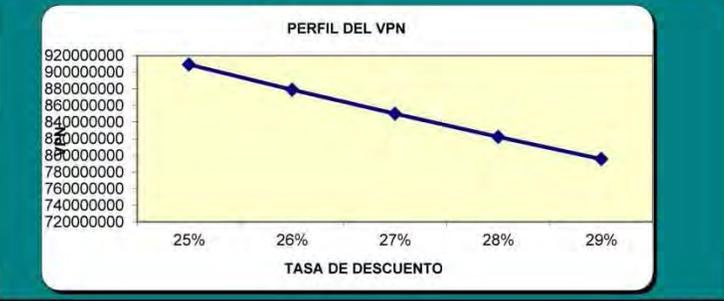
Valor Presente Neto (VPN)			
Periodo	Costo de Capital		13.44%
Año	FNE	F. de Desc.	FEN Desc.
0	-3,951,215	1.00	-3,951,215
1	-\$3,837,324	0.88	-\$3,382,724
2	\$3,129,568	0.78	\$2,431,983
3	\$272,215,650	0.69	\$186,477,890
4	\$1,051,056,726	0.60	\$634,714,612
5	\$1,051,066,536	0.53	\$559,526,467
	VPN		#####

Tiempo de Recuperación Descontado (TRD)		
Vida Econ. del Proyecto	5 Años	
Año	FEN Desc.	FEN Acum.
0	-3,951,215	-3,951,215
1	-\$3,382,724	-\$7,333,939
2	\$2,431,983	-\$4,901,956
3	\$186,477,890	\$181,575,934
4	\$634,714,612	\$816,290,546
5	\$559,526,467	\$1,375,817,013
	TRD	2.03 Años

Relación Beneficio Costo (B/C)	
VPN	1,375,817,013
Valor Actual de la Inv.	3,951,215
REL. B/C	\$349.20



Tasa Interna de Rendimiento (TIR)					
AÑO	TASA (VPN POSITIVO)			TASA (VPN NEGAIVO)	
	FACTOR	VPN	FACTOR	VPN	FACTOR
0			27%		27%
0	-3,951,215	1.00	-3,951,215	1.00	-\$3,951,215
1	-\$3,837,324	0.79	-\$3,021,515	0.79	-\$3,021,515
2	\$3,129,568	0.62	\$1,940,336	0.62	\$1,940,336
3	\$272,215,650	0.49	\$132,892,945	0.49	\$132,892,945
4	\$1,051,056,726	0.38	\$404,027,822	0.38	404,027,822
5	\$1,051,066,536	0.30	\$318,135,112	0.30	\$318,135,112
	VPN	\$850,023,486	VPN	ERROR	
	Excel	387.06%	TIR	# VALOR!	



ANALISIS DE ESCENARIOS

Generación de Productos PIR



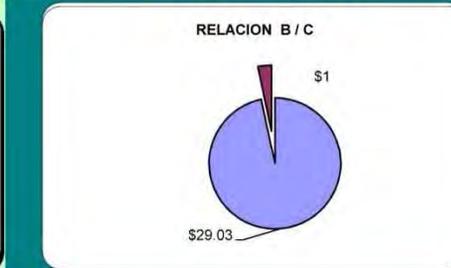
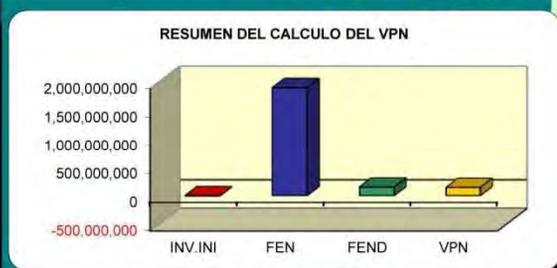
NOMBRE DEL ESCENARIO:

CONSERVADOR

Valor Presente Neto (VPN)			
Periodo	Costo de Capital		83.44%
Año	FNE	F. de Desc.	FEN Desc.
0	-5,136,580	1.00	-5,136,580
1	-3,069,859	0.55	-1,673,505
2	2,503,654	0.30	744,032
3	217,772,520	0.16	35,280,029
4	840,845,381	0.09	74,259,260
5	840,853,229	0.05	40,482,124
VPN			143,955,361

Tiempo de Recuperación Descotado (TRD)		
Vida Econ. del Proyecto	5 Años	
Año	FEN Desc.	FEN Acum.
0	-5,136,580	-5,136,580
1	-1,673,505	-6,810,085
2	744,032	-6,066,053
3	35,280,029	29,213,976
4	74,259,260	103,473,237
5	40,482,124	143,955,361
TRD		2.17 Años

Relación Beneficio Costo (B/C)	
VPN	143,955,361
Valor Actual de la Inv.	5,136,580
REL. B/C \$29.03	



INCREMENTO

INVERSIÓN INICIAL:

COSTO DE CAPITAL:

VPN

TIR

R B/C

TRD (Años)

	BASE	ESCENARIO
INVERSIÓN INICIAL	-3,951,215	-5,136,580
COSTO DE CAPITAL	13.44%	83.44%
VPN	\$1,375,817,013	143,955,361
TIR	387.06%	331.17%
R B/C	\$349.20	\$29.03
TRD	2.03	2.17

PROBABILIDAD DE LOS FLUJOS NETOS DE EFECTIVO

RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN

Generación de Productos PIR

VALOR PRESENTE NETO (VPN)



Criterio de aceptación Si el Valor Presente Neto del negocio o proyecto es positivo (mayor a cero).	\$1,375,817,013 Se acepta el proyecto	\$143,955,361 Se acepta el proyecto
TASA INTERNA DE RENDIMIENTO (TIR)		
Criterio de aceptación Si la Tasa Interna de Rendimiento es mayor al costo de capital	387.06% Se acepta el proyecto	331.17% Se acepta el proyecto
RELACIÓN BENEFICIO- COSTO		
Criterio de aceptación Si la Relación Beneficio - Costo es mayor a 1.0	\$349.20 Se acepta el proyecto	\$29.03 Se acepta el proyecto
TIEMPO DE RECUPERACIÓN DESCONTADO		
Criterio de aceptación Si el Periodo de Recuperación es menor a la vida económica del negocio o proyecto.	2.03 AÑOS Se acepta el proyecto	2.17 AÑOS Se acepta el proyecto

Conclusiones del estado proforma.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el estado proforma, una empresa dedicada a realizar los productos diseñados a partir del plástico inteligente obtenido en la experimentación de este documento (PIR), incluyendo la generación de pellets de material, requeriría una inversión en maquinaria, equipo, espacio físico y materiales de más de \$5, 000,000 que son recuperables en un plazo menor a 2.5 años.

Ya que el software utilizado para generar el estado proforma es usado para la evaluación de proyectos de inversión se puede observar empresas que utilizan el esquema administrativo explicado en el método CANVAS y cuya economía se ve reflejado en el Estado Proforma, son viables para la obtención de financiamientos y como organizaciones de manufactura, dando así la certeza sobre la aplicación del Poliestireno Inteligente Reciclado como material básico para la manufactura de productos de diseño industrial.

7

Discusión y conclusiones

Después de realizar la investigación teórica sobre los polímeros inteligentes y sus aplicaciones desde el punto de vista del diseño y comprobar esta teoría mediante el caso práctico que incluye el material PIR y la evaluación de los requisitos para el desarrollo de productos como muestra de los plásticos inteligentes en el mercado mexicano se presentan las siguientes conclusiones.



Conclusiones

El presente trabajo surgió por el interés de conocer el uso de los plásticos conocidos como “inteligentes” y su uso en el desarrollo de productos, específicamente el deseo de conocer la situación actual de estos plásticos en la industria mexicana.

Al aproximar el diseño a estos materiales fue patente la necesidad de vincularse con otras disciplinas, como la ingeniería y las ciencias de materiales, para poder ampliar la investigación más allá del campo del diseño industrial, el cual, dentro de corpus de conocimientos se centra en un reducido grupo de plásticos, entre los que podemos destacar los llamados “commodities”, y algunos de los plásticos de ingeniería más usuales, dejando de lado por desconocimiento o decisión, a los plásticos inteligentes, lo cual en mi opinión, limita las posibilidades de innovación en el diseño de productos.

Con el fin de adquirir los conocimientos necesarios sobre estos materiales fue básico aprender la terminología utilizada en otras disciplinas, las cuales en la mayoría de las ocasiones desconocen la existencia del diseño industrial y por lo tanto no cuentan con un mecanismo de vinculación que permita la inclusión del diseñador en sus campos de saber.

Entre las disciplinas a las que fue necesario acercarse encontramos la ingeniería química, la ingeniería petrolera, y ciencia e ingeniería de materiales. El vínculo interdisciplinar formado con estas carreras permitió la búsqueda, pero sobre todo, la comprensión de documentos científicos especializados que fueron requeridos en el desarrollo del presente documento.

Este trabajo buscó interpretar los conocimientos adquiridos de manera que sean comprensibles para los diseñadores industriales a manera de introducción en el tema facilitando su comprensión y la integración con las disciplinas antes mencionadas.

Como consecuencia del trabajo de investigación teórica, se decidió comprobar la factibilidad de la aplicación de polímeros inteligentes en el desarrollo de productos, mediante el desarrollo de un caso de estudio que permitiera identificar las complicaciones existentes para el uso de estos materiales en el diseño.

Entre las problemáticas detectadas se encuentran:

- La brecha tecnológica entre la industria actual y los nuevos materiales
- La dificultad para conseguir proveedores
- El desconocimiento de los materiales por parte de los involucrados, entre ellos, los industriales, las asociaciones de plásticos, los comerciantes y los diseñadores.
- El costo de manufactura
- El impacto ecológico que representa el uso del material.

Al saber sobre estas condicionantes se consideró pertinente verificar la posible aplicación en la industria mexicana, para lo cual fue necesario buscar metodologías que permitiera medir la situación empresarial y la forma en que las nuevas tecnologías son asimiladas por la industria, para ello se utilizaron herramientas de la administración de empresas, específicamente de la rama de gestión tecnológica.

Finalmente para comprender las implicaciones ambientales y el tratamiento de los plásticos en la actualidad la vinculación con el Instituto de Investigación en Materiales a través del área de Polímeros represento una gran ayuda ya que además de permitir conocer los procesos relacionados con el manejo de residuos plásticos, fomentó el desarrollo del Poliestireno Inteligente Reciclado (PIR) que es un material obtenido de residuos de poliestireno expandido que mediante el proceso de

reciclaje y enriquecimiento da como resultado un plástico inteligente.

Atendiendo a que el diseño industrial como actividad innovadora depende en gran medida de la capacidad que tengan sus practicantes para conocer, evaluar y en su caso utilizar nuevos recursos entre ellos los materiales. Como se desarrolló en este documento aquellos especialistas del diseño que conozca un bagaje más amplio de materiales serán capaces de utilizarlos como centro de sus diseños, dando con esto una ventaja competitiva a sus productos en un mercado global que cada día exige más.

Sin embargo aplicar estos conocimientos no siempre es la respuesta necesaria para lograr el éxito en la generación de nuevos productos ya que múltiples ocasiones la tecnología necesaria para materializarlos excede los requerimientos reales del problema, es por esto que debe ser evaluado a conciencia la aplicación de los mismos, especialmente cuando implican cambios estructurales en la organización productiva como pueden ser la búsqueda de nuevos proveedores, cambio y/o adquisición de maquinaria, y adaptaciones a la planta en general, con esto no quiero decir que se deba limitar la actividad de diseño por estos factores cuando la empresa pueda solventarlos o le sean costeables, simplemente hay que evaluar a profundidad cuando esto será

necesario, utilizando para ello las diversas metodologías de la gestión de la tecnología que existen.

Cabe también mencionar que existen limitantes propios en el uso de nuevos materiales, entre ellos los polímeros inteligentes, entre estas limitantes encontramos:

- Madurez de la tecnología
- Disponibilidad (proveedores)
- Costo de material
- Facilidad de transformación
- Existencia de un Mercado meta

Es muy importante tener en cuenta estos factores durante el proceso de desarrollo de productos con polímeros inteligentes ya que en múltiples ocasiones la materia prima no es vendida en las presentaciones convencionales, sino que las empresas que han desarrollado el material se dedican a la generación de productos, es decir únicamente entregan productos terminados, por lo cual el diseño en dichos materiales tendrá una manufactura por terceros que puede aumentar el costo del objeto.

Mediante el caso práctico se comprobó la viabilidad del uso de estos materiales en el desarrollo de productos, desde la generación del material (PIR) hasta la evaluación de la instalación de una empresa dedicada a la manufactura de productos a base del mismo, todo en la industria mexicana, para ello se utilizaron elementos de otras disciplinas como la

administración (método CANVAS), contabilidad (Estados Financieros) y algunos desde el diseño industrial (PDP). Como resultado del trabajo de investigación se generó un nuevo material denominado PIR (poliestireno inteligente reciclado) con el cual se ha comprobado que el uso de materiales residuales, a los cuales se les brindan propiedades reactivas, genera materiales económicamente competitivos con un impacto ambiental favorable.

Como parte del proceso de investigación cabe notar algunas cualidades a tener en cuenta al diseñar con plásticos inteligentes, estas son:

- Precio del producto final.
- Viabilidad tecnológica.
- Necesidad a resolver.

Hay que tomar en cuenta si la aplicación que queremos desarrollar usando polímeros inteligentes realmente justifica el costo del material y del proceso de transformación, el cual hoy día es más caro que el de otros plásticos, y además en su mayoría son más difíciles de reciclar lo cual lleva a la necesidad de justificar la aplicación del material como un factor diferencial en el mercado.

Finalmente me gustaría recordar que el propósito de este trabajo no es el de evaluar el desarrollo de un producto específico, tampoco el servir de guía para la elaboración de plásticos

inteligentes, sino el de comprobar que estos materiales son útiles para el diseño de productos en la industria mexicana y que si los diseñadores industriales son instruidos en su uso pueden generar soluciones innovadoras que impulsen el desarrollo, no solo de la disciplina, sino de la industria nacional.

Es por esto que considero importante la educación del gremio del diseño, no solamente en el uso de los plásticos inteligentes, sino de todos los nuevos materiales que se desarrollan constantemente, dejando de lado los límites “naturales” de la disciplina, llevándola hacia nuevos horizontes que crecen día con día.

8

Anexos

Como complemento del presente trabajo se han desarrollado una serie de documentos que amplían la información contenida en el mismo, los cuales han sido dejado fuera del cuerpo principal para permitir la continuidad de lectura, y poder ser consultados de manera independiente en caso de ser necesario.

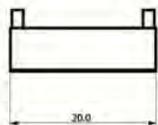
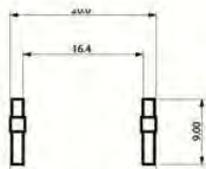
- Planos de Producto
- Glosario básico de propiedades de los polímeros
- Tabla de propiedades de diversos polímeros comunes usados en el diseño de productos
- Investigación y desarrollo de PIR



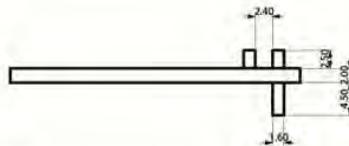
Planos de Producto

Este juego de planos pretende mostrar de manera más técnica los componentes del producto evaluado, presentando únicamente las partes plásticas que interactúan con aquellos elementos elaborados en Poliestireno Inteligente Reciclado (que es el material que sirve como caso de estudio) se presentan:

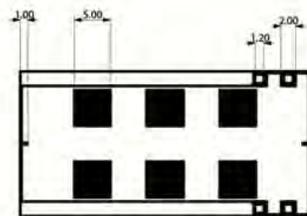
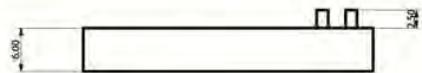
- Vistas Generales
- Despiece Explosivo
- Planos por pieza



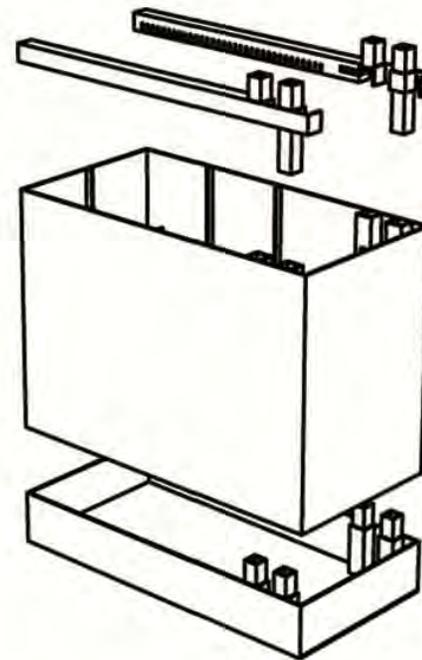
VISTA LATERAL



VISTA FRONTAL



VISTA INFERIOR



PERSPECTIVA

Iroel Heredia	Posgrado en Diseño Industrial	2013	Esc: N/A
Sistema Modular Verde para Interiores		A 4	
Vistas Generales		Cotas: cm.	

1

2

3

4

5

6

A

B

C

D

1

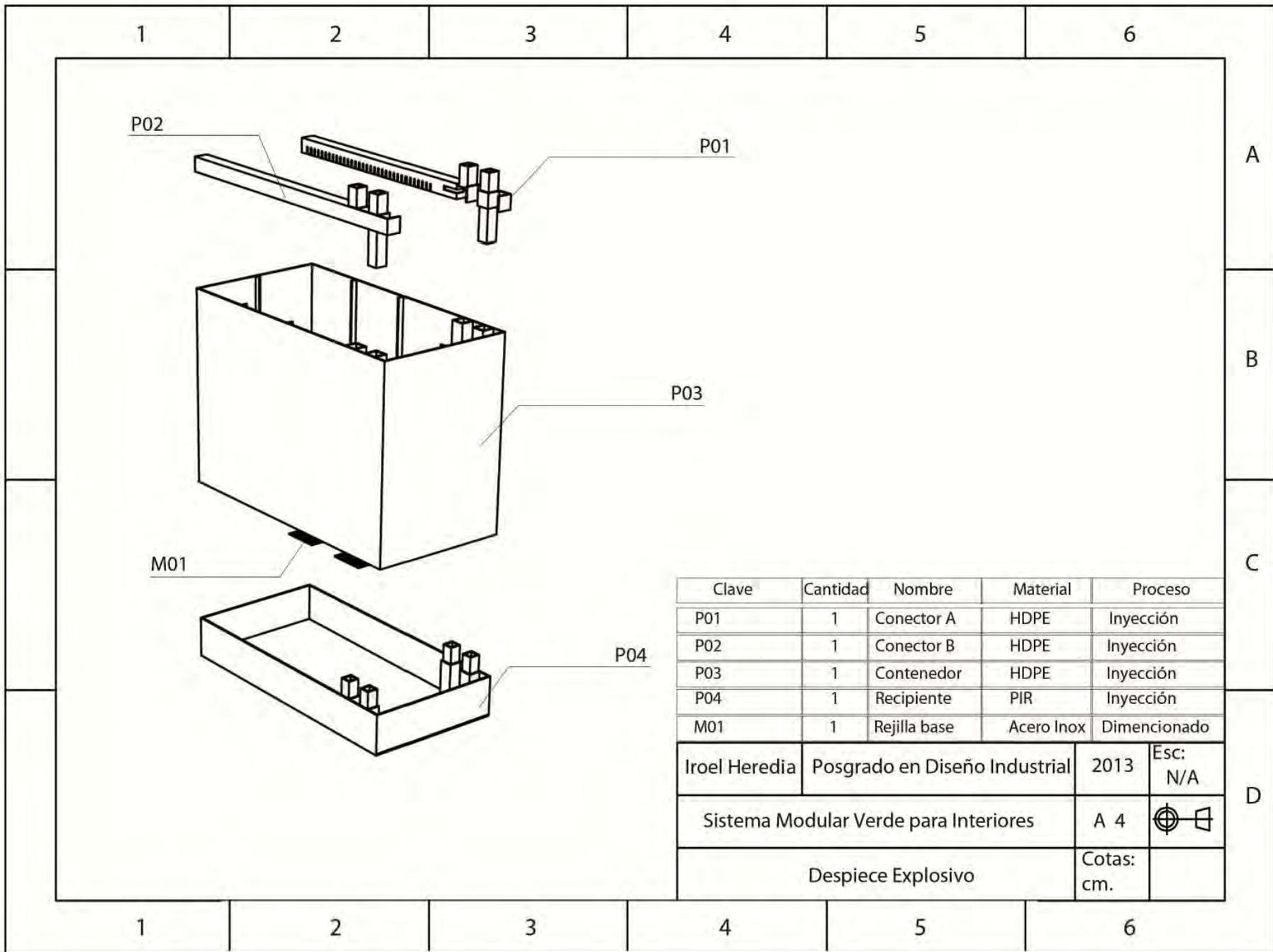
2

3

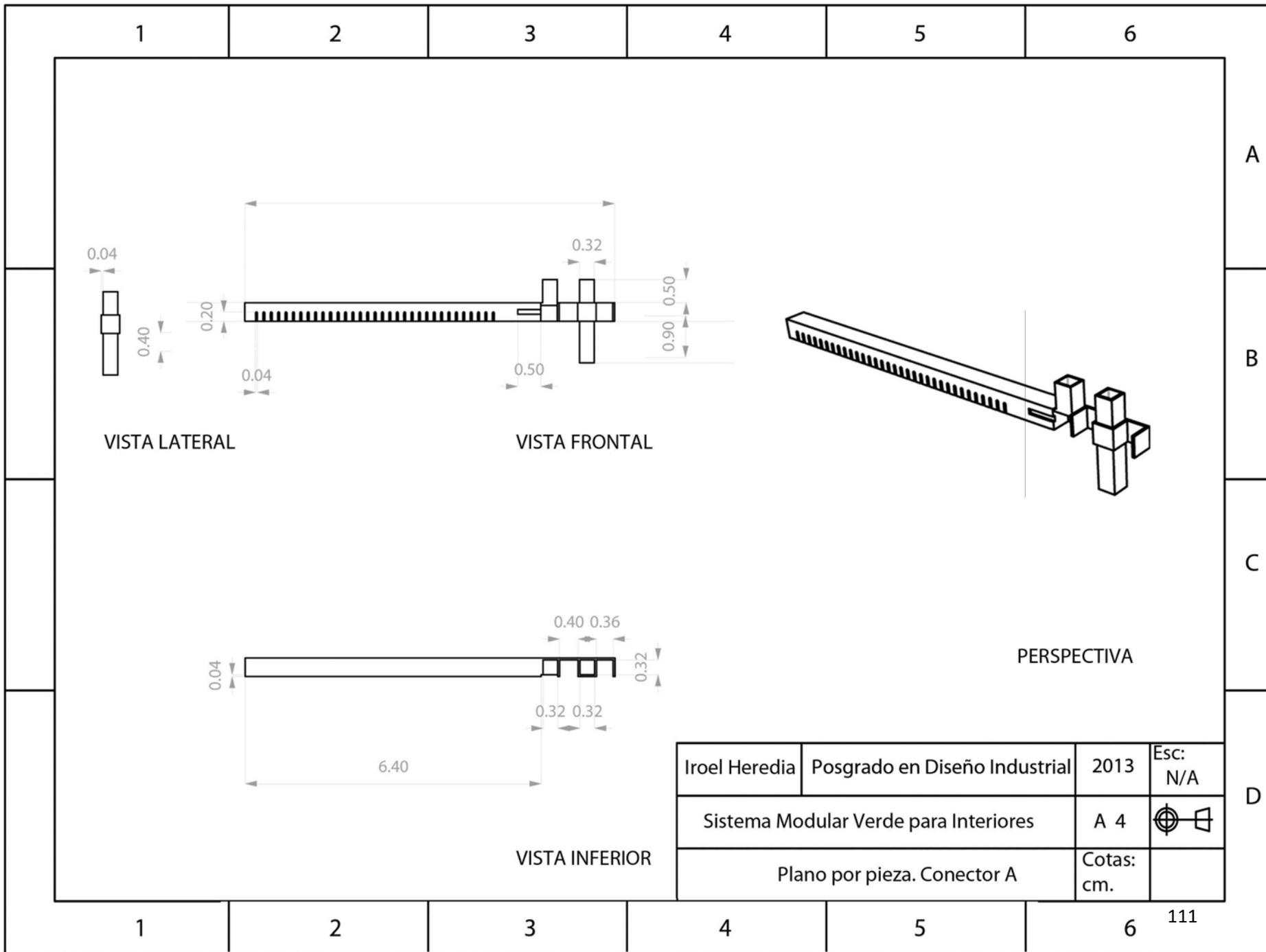
4

5

6



Clave	Cantidad	Nombre	Material	Proceso
P01	1	Conector A	HDPE	Inyección
P02	1	Conector B	HDPE	Inyección
P03	1	Contenedor	HDPE	Inyección
P04	1	Recipiente	PIR	Inyección
M01	1	Rejilla base	Acero Inox	Dimensionado
Iroel Heredia	Posgrado en Diseño Industrial		2013	Esc: N/A
Sistema Modular Verde para Interiores			A 4	
Despiece Explosivo			Cotas: cm.	



1

2

3

4

5

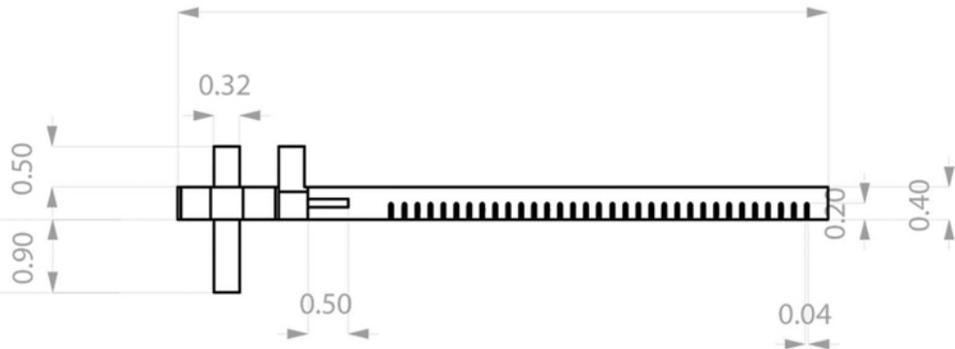
6

A

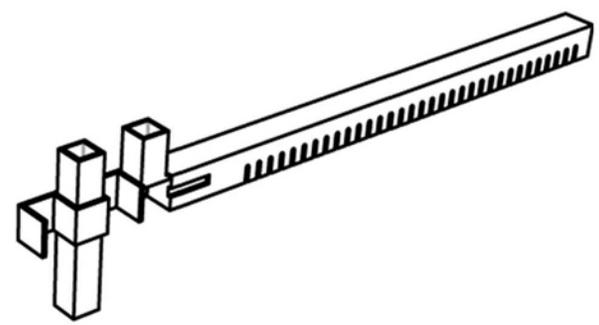
B

C

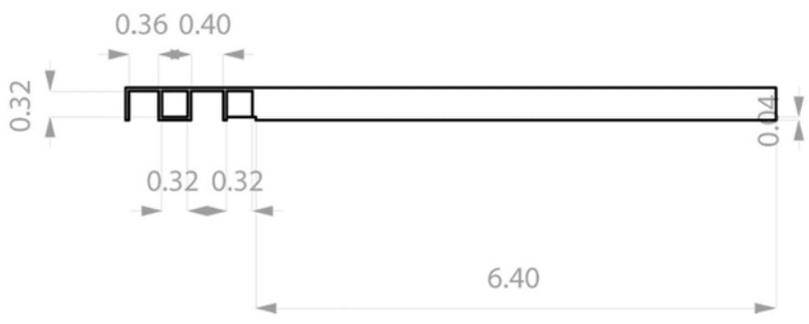
D



VISTA FRONTAL



PERSPECTIVA



VISTA INFERIOR

Iroel Heredia	Posgrado en Diseño Industrial	2013	Esc: N/A
Sistema Modular Verde para Interiores		A 4	
Plano por pieza. Conector B		Cotas: cm.	

1

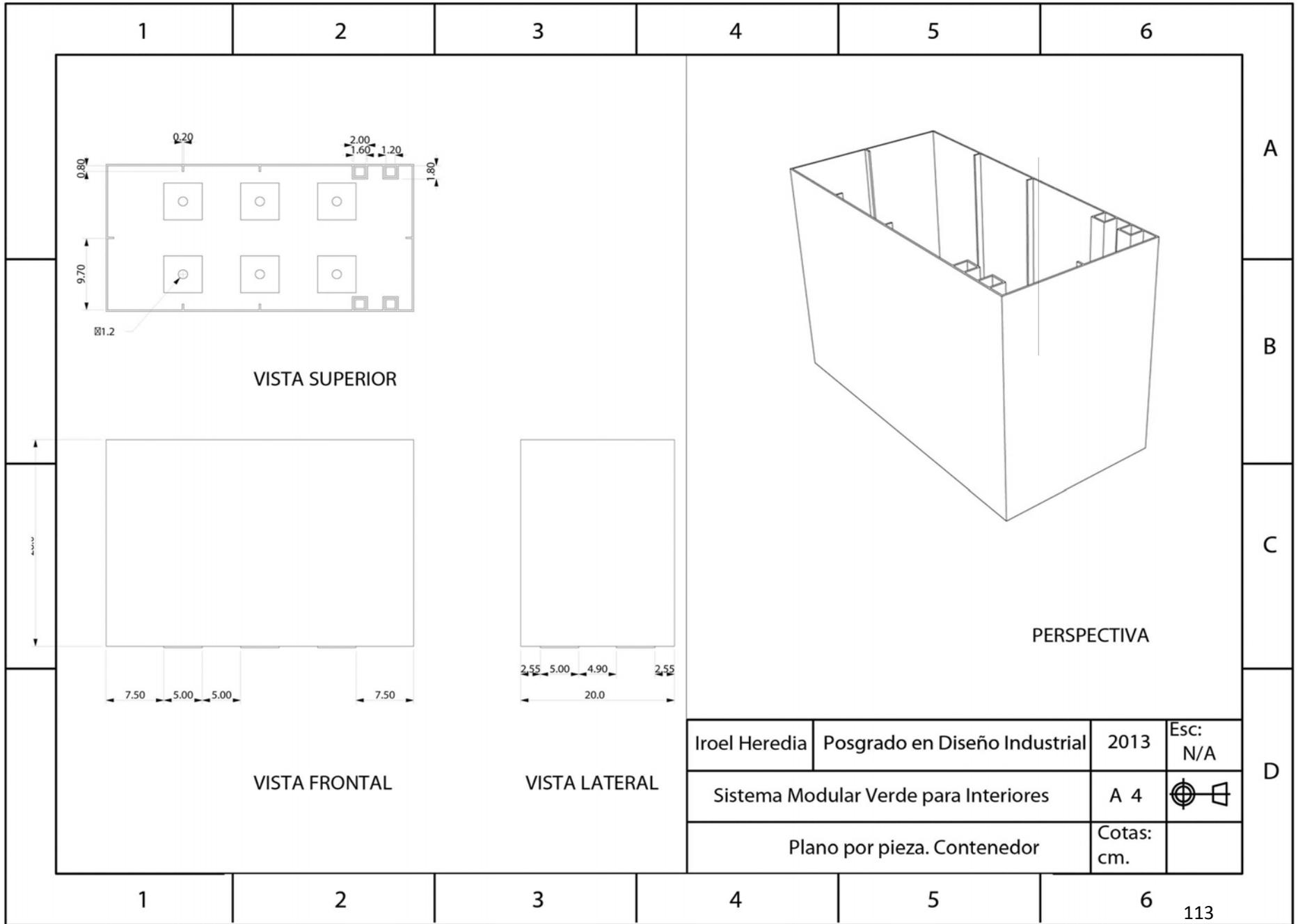
2

3

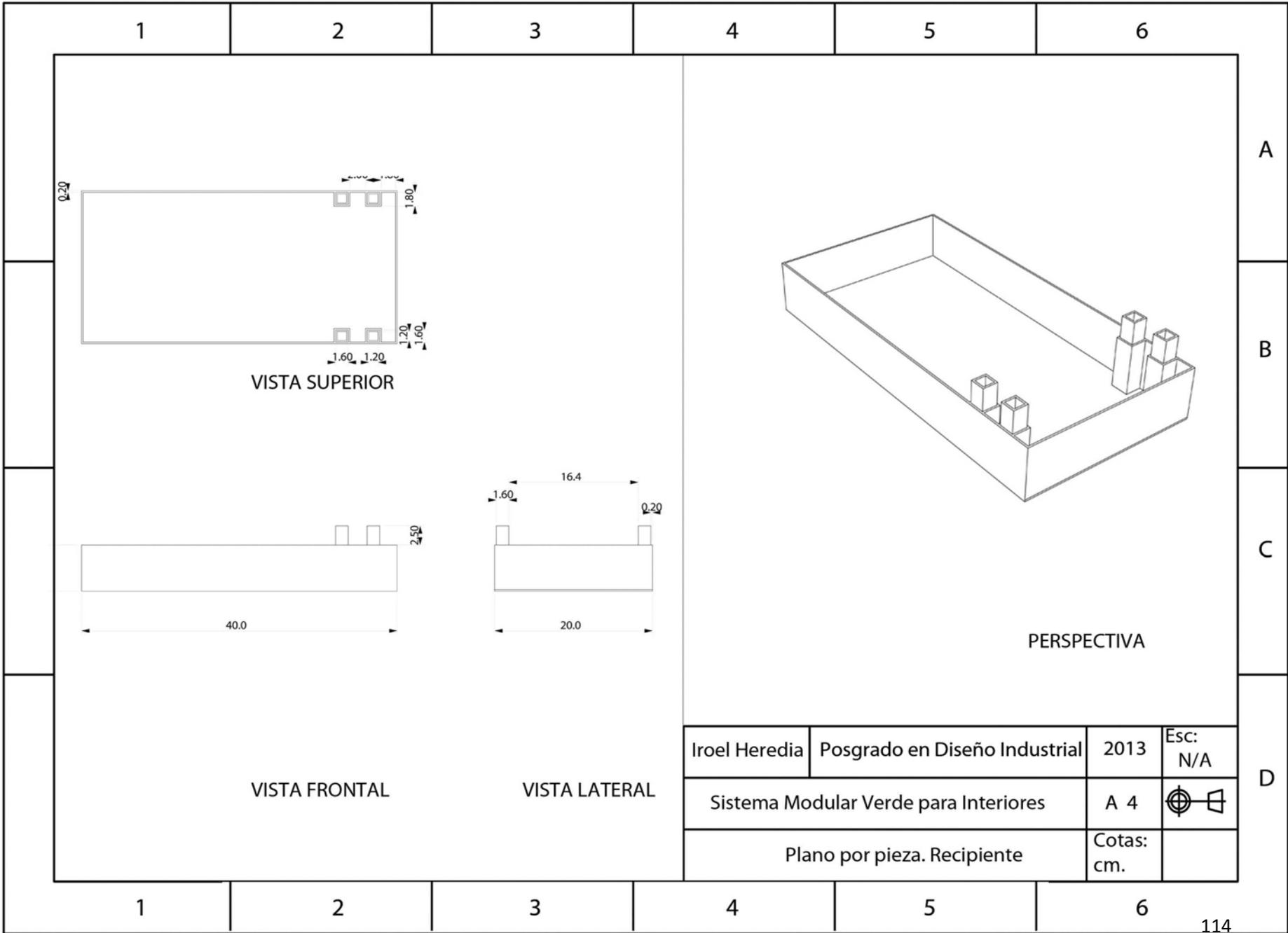
4

5

6



Iroel Heredia	Posgrado en Diseño Industrial	2013	Esc: N/A
Sistema Modular Verde para Interiores		A 4	
Plano por pieza. Contenedor		Cotas: cm.	



Iroel Heredia	Posgrado en Diseño Industrial	2013	Esc: N/A
Sistema Modular Verde para Interiores		A 4	⊙ □
Plano por pieza. Recipiente		Cotas: cm.	

Glosario básico de propiedades de los polímeros

FISICAS		
Absorción de agua	de	Adquisición de agua de un material a otro. %
Absorción de humedad en equilibrio	de en	Cantidad de humedad que el material puede absorber del medio ambiente en el que se encuentra %
Contracción linear del molde		Porcentaje de deformación que presenta un producto respecto a la cavidad en que fue moldeado siendo el resultado final menor que el tamaño de la cavidad %
Deformación		es el cambio en el tamaño o forma de un cuerpo debido a esfuerzos internos producidos por una o más fuerzas aplicadas sobre el mismo o la ocurrencia de dilatación térmica.
Densidad (density)		Magnitud escalar referida a la cantidad de masa contenida en un determinado volumen de una sustancia. La densidad media es la razón entre la masa de un cuerpo y el volumen que ocupa. g/cc
Densidad Volumen (Bulk density)	en (Bulk density)	Peso por unidad de volumen de material en masa, varía de acuerdo a la presentación del material. g/cc
Espesor		Magnitud más pequeña de un cuerpo en tres dimensiones, equivale al grosor del material. Mm
Melt Flow		Representa la facilidad que tiene un polímero para fluir cuando se ha calentado hasta el punto de trabajo
pH		Es una medida de acidez o alcalinidad de una disolución. El pH indica la concentración de iones hidronio [H ₃ O ⁺] presentes en determinadas sustancias
Spiral Flow		Es la combinación de características de fusión bajo presión, viscosidad y tasa de gelación bajo condiciones específicas. Demuestra la cantidad de producto que ha fluido en un usillo
Tamaño de la Partícula	de la	Se usa para medir el tamaño promedio de las partículas del material, mm
Transmisión de vapor de agua	de	Es la medida que indica la cantidad de vapor de agua que puede atravesar una película del material, interviniendo el

	area y el tiempo WMTR
Viscosidad	La viscosidad es la oposición de un fluido a las deformaciones tangenciales. Un fluido que no tiene viscosidad se llama fluido ideal. En realidad todos los fluidos conocidos presentan algo de viscosidad. cP
Volatilidad	Es una medida de la tendencia de una sustancia a pasar a vapor. Se ha definido también como una medida de la facilidad con que una sustancia se evapora. A una temperatura dada, las sustancias con mayor presión de vapor se evaporan más fácilmente que las sustancias con una menor presión de vapor.
MECANICAS	
Abrasión	Se denomina abrasión (del lat. <i>abradere</i> , "raer") a la acción mecánica de rozamiento y desgaste que provoca la erosión de un material o tejido.
Coeficiente de fricción	El coeficiente de rozamiento o coeficiente de fricción expresa la oposición al deslizamiento que ofrecen las superficies de dos cuerpos en contacto. Es un coeficiente adimensional. Usualmente se representa con la letra griega μ (mu).
Dureza	La dureza es la oposición que ofrecen los materiales a alteraciones como la penetración, la abrasión, el rayado, la cortadura, las deformaciones permanentes; entre otras. También puede definirse como la cantidad de energía que absorbe un material ante un esfuerzo antes de romperse o deformarse
Elongación al Quiebre	Es la tensión en una muestra cuando se rompe. Esto por lo general se expresa como un porcentaje.
Módulo de corte	El módulo de elasticidad transversal, también llamado módulo de cizalladura, es una constante elástica que caracteriza el cambio de forma que experimenta un material elástico (lineal e isótropo) cuando se aplican esfuerzos cortantes. Este módulo recibe una gran variedad de nombres, entre los que cabe destacar los siguientes: Módulo de rigidez transversal, módulo de corte, módulo de cortadura, módulo elástico tangencial, módulo de elasticidad transversal.

<p>Módulo de elasticidad</p>	<p>Un modulo elástico es un tipo de constante elástica que relaciona una medida relacionada con la tensión y una medida relacionada con la deformación. Los materiales elásticos isótropos quedan caracterizados por un módulo elástico y un coeficiente elástico (o razón entre dos deformaciones). Es decir, conocido el valor de uno de los módulos elásticos y del coeficiente de Poisson se pueden determinar los otros módulos elásticos. Los materiales ortotrópos o anisótropos requieren un número de constantes elásticas mayor. Las constantes elásticas que reciben el nombre de módulo elástico son las siguientes:</p> <p>Módulo de Young se designa usualmente por E. Está asociado directamente con los cambios de longitud que experimenta un cable, un alambre, una varilla, etc. cuando está sometido a la acción de tensiones de tracción o de compresión. Por esa razón se le llama también módulo elástico longitudinal.</p> <p>Módulo de compresibilidad se designa usualmente por K. Está asociado con los cambios de volumen que experimenta un material bajo la acción de esfuerzos (generalmente compresores) que actúan perpendicularmente a su superficie. No implica cambio de forma, tan solo de volumen.</p> <p>Módulo elástico transversal se designa usualmente por G. Está asociado con el cambio de forma que experimenta un material bajo la acción de esfuerzos cortantes. No implica cambios de volumen, tan solo de forma. También se le llama módulo elástico tangencial y módulo elástico cortante</p>
<p>Resistencia al Desgarre</p>	<p>El valor del coeficiente de rozamiento es característico de cada par de materiales en contacto; no es una propiedad intrínseca de un material.</p>
<p>Resistencia de tensión</p>	<p>Se determina por el estirado de los dos extremos de una probeta con dimensiones perfectamente determinadas y con marcas previamente hechas. Al aplicar fuerza en los dos extremos se mide la deformación relacionándola con la fuerza aplicada hasta que la probeta rebasa su límite de deformación elástica y se deforma permanentemente o se rompe.</p>

ELECTRICAS	
Conductividad Eléctrica	Es una medida de la capacidad de un material de dejar pasar la corriente eléctrica, su aptitud para dejar circular libremente las cargas eléctricas.
Constante Dieléctrica	Permisividad está definida como la medida de la capacidad de un material a ser polarizado por un campo eléctrico.
Decaimiento estatico	Indica si un producto tiende a acumular o a descargar la energía estática que está presente incluso en el ambiente
Factor de Discipacion	Factor de disipación (DF) es una medida de la pérdida de tasa de energía de un modo de oscilación (mecánico, eléctrico, electromecánico o) en un sistema disipativo .
Fuerza Dielectrica	La fuerza dieléctrica se refiere al voltaje máximo que un material de aislamiento puede soportar antes de fallar.
Resitencia al Arco	Es una medida de resistencia de un material a la formación de un camino conductor en la superficie de una muestra bajo la acción de un arco de gran voltaje y baja intensidad en las proximidades de dicha superficie.
Resistencia a la superficie	Es la resistencia que la superficie de un material opone a ser levantada o arrancada por una fuerza de tensión que tira de ella perpendicularmente, como la tinta al ser impresa.
Resistividad Electrica	Indica que tanto se opone el material al paso de la corriente, se mide en ohmios–metro
TERMICAS	
Capacidad Calorica Especifica (Specific Heat Capacity)	Es la energía necesaria para aumentar una unidad de temperatura (SI: 1 K) de una determinada sustancia, (usando el SI)
CTE (coeficiente de conductividad electrica)	El coeficiente de conductividad térmica es una característica de cada sustancia y expresa la magnitud de su capacidad de conducir el calor.
Conductividad Termica	Indica la velocidad a la que fluye el calor dentro y a través de un material
Flamabilidad	Es un porcentaje que se le asigna a los productos, respecto a la característica que tienen de quemarse ó prenderse mientras están expuestos a flamas (llamas)
Indice de Oxigeno	Ensayo para obtener la concentración mínima de oxígeno en una mezcla de oxígeno y nitrógeno que puede alimentar una llama pequeña del polímero ardiendo.

Punto de Reblandecimiento	En los termoplásticos, el punto de reblandecimiento, es la temperatura a la que se inicia su deformación térmica
Punto de Reblandecimiento Vicat	Los termoplásticos no disponen de un punto de fusión determinado que marca el tránsito de sólido a líquido con exactitud, por esto se introdujo como valor sustitutivo para el punto de fusión la temperatura de reblandecimiento Vicat. Ella describe la temperatura a la que un cuerpo circular de una sección de 1 mm ² y bajo una carga normada de 10 N o 50 N penetra exactamente 1 mm en la probeta
Temperatura de deflexión	"También llamada calor de distorsión, es la temperatura a la cual el producto plástico se deforma una cierta cantidad por la acción de una carga.
Temperatura de descomposición	El punto de descomposición o temperatura de descomposición es la temperatura a la cual un compuesto químico sufre una termolisis, es decir, se descompone en otros más simples, sin llegar necesariamente a dividirse en los elementos químicos que lo constituyen
Temperatura de distorsión térmica	Es la temperatura en la que se presenta alteración por calor de las características físicas de los materiales durante y después de haber sido sometidos al efecto de diversas temperaturas extremas.
Temperatura de fragilidad (Brittleness temperature)	Es la temperatura más baja en la un material de hule no muestra indicios de falla bajo condiciones específicas de impacto.
Temperatura mínima de servicio	La temperatura mínima de servicio depende fuertemente de la tenacidad y fragilidad del material. Cuanto más frágil sea el material, más fácil será que se rompa a temperatura bajas. Además, el rango de temperaturas mínimas de servicio depende de las solicitaciones mecánicas aplicadas
Temperatura de servicio.	Temperatura máxima a la que se puede manipular un plástico sin que pierda alguna de sus propiedades.
Temperatura de Transición Vitrea	La temperatura a la cual los polímeros cambian de propiedades debido a un cambio en su temperatura, entre bajas y altas temperaturas.
OPTICAS	
Brillo	Grado de brillantez o lustre superficial de un material; los órdenes de brillantez son: brillante, satinado, semimate y mate.
Densidad Óptica	La densidad óptica es la absorción de un elemento óptico

		por unidad de distancia, para una longitud de onda dada: 1000in hg
Índice de Refracción	de	Cociente de la velocidad en el vacío y en un polímero transparente.
Neblina (haze)		Es la nubosidad que presenta un producto por la dispersión de la luz, la cual puede causarse por particular suspendidas , contaminantes , pigmentos o anomalías en la superficie del material,
Transparencia		Un material es transparente cuando no disperse la luz que lo atraviesa y tampoco la absorba.
PROPIEDADES DE PROCESAMIENTO		
Contenido de humedad	de	El contenido de agua o contenido de humedad es la cantidad de agua contenida en un material
Presión de Inyección	de	Se entiende por presión de inyección a la medida en la cara delantera "a" del pistón de inyección o husillo
Punto de Rocío		Temperatura a la cual el vapor de agua comienza a condensarse en el ambiente. También llamada temperatura de rocío
Temperatura de Alimentación	de	Es la temperatura a la cual el material debe ser calentado en una primera fase con el fin que cambie su estado de pellets a fundido.
Temperatura en boquilla	en	Es la temperatura inicial en la que el material se debe calentar para ser procesado.
Tiempo de Secado	de	Es el tiempo en el que un polímero se seca o solifica después que es procesado.
Temperatura de procesamiento	de	Es la temperatura a la cual se debe procesar el material para cambiarlo a un estado fundido (o ahulado)con el fin que pueda ser procesado.

Metodología de investigación tecnológica para el reciclado y enriquecimiento de poliestireno expandido (EPS) para su uso como material inteligente

Como comprobación de la factibilidad de uso de estos polímeros inteligentes en el mercado mexicano, y en el ámbito integrador que caracteriza al diseño, se desarrolla en conjunto con un grupo multidisciplinario, la producción de un material resultado del reciclaje de poliestireno expandido (EPS, comúnmente conocido en México como Unicel), el cual mediante su enriquecimiento adquiere un valor agregado que le convierte en un polímero inteligente, haciéndolo así competitivo en el mercado.

Dicho material, denominado Poliestireno Inteligente Reciclado (PIR), es el primer entregable del presente trabajo y con él se comprobaba la factibilidad de creación del material a nivel domestico, sin embargo esto no comprueba la posibilidad de uso en la generación de productos cotidianos, es por ello que en una segunda etapa se aplica el material desarrollado en la creación de un objeto-producto. Finalmente se genera el plan de negocios de dicho producto cerrando así el ciclo con la viabilidad económica y administrativa del uso de estos materiales en el desarrollo de productos de diseño.

Como se muestra en los párrafos anteriores la comprobación lleva una serie de etapas a desarrollar, las cuales podemos resumir en:

- IV. Obtención del Poliestireno Inteligente Reciclado
- V. Aplicación del PIR
- VI. Desarrollo del plan de negocios

Cada una de estas etapas a su vez tienen una serie de divisiones que permiten su desarrollo, así tenemos que cada etapa se divide en:

Etapa I. Obtención del Poliestireno Inteligente Reciclado, se divide en las siguientes metas:

- 6 Obtención de película de EPS reciclado en laboratorio
- 7 Obtención de disolución de Cargas de enriquecimiento
- 8 Desarrollo de película de PIR
- 9 Producción en volumen de PIR (Bulk Production)

Etapa II. Aplicación del PIR

6. Propuestas de Uso
7. Diseño de Producto
8. Elaboración de Simulador
9. Evaluación de Simulador
10. Elaboración de Prototipo

Etapa III. Desarrollo del plan de negocios

Así pues al concluir estas etapas se cuenta con productos terminados de cada una de ellas, los cuales sirven de base para el desarrollo de la siguiente, en la Etapa I el entregable es una muestra del PIR, mientras que en la Etapa II se desarrolla el prototipo del objeto y en la Etapa III el plan integral de negocios.

Etapa I. Obtención del Poliestireno Inteligente Reciclado (PIR)

En esta etapa una serie de pruebas de laboratorio conduce a la obtención de películas finas de polímero, primeramente de poliestireno recuperado del EPS, y posteriormente del PIR, mediante la técnica de disolución y enriquecimiento, en la cual los componentes son unidos por medios físicos en una disolución, la cual al eliminar el agente solvente forma una fina capa del polímero.

Experimentación:

Desarrollo de método para la obtención de compuesto polimérico sensible a estímulos a partir de material reciclado

Hipótesis:

¿Es posible enriquecer polímeros en el proceso de reciclado para darles propiedades de sensibilidad a estímulos?

Objetivos:

La siguiente guía tendrá como finalidad elaborar compuestos de polímeros reciclados con cargas que permitan la reacción a estímulos

Se pretende que esta guía permita desarrollar nuevos materiales inteligentes a partir de polímeros reciclados.

En esta primera fase se evaluarán las siguientes características con el fin de saber si estas influyen en el proceso de reciclaje del EPS:

*material cortado en finas tiras.

*material densificado usando una “prensa laminadora para joyería”

*presencia de fragmentos de alimentos y bebidas.

*proporción de los compuestos

Recursos materiales

Manguera de silicona

Guantes de nitrilo

Disolvente

Porta tubos de ensayo.

Tubos de ensayo.

Vidrio de reloj.

Pera de succión.

Pinzas de disección.

Micrómetro

Báscula.

Careta para vapores orgánicos.

Vaso de precipitados.

Probeta graduada.

Pipetas Pasteur.

Embudos de vidrio.

Un protocolo de comprobación.

Una guía para anotar los resultados obtenidos.

Poliestireno expandido. *ver explicación elección del material.

Polímero fotosensible.

Recursos espaciales.

Laboratorio de materiales del Posgrado en Diseño Industrial de la Universidad Nacional Autónoma de México, adaptado a los requisitos del experimento.

Recursos humanos.

Dos personas quienes se encargaran de realizar el proceso de experimentación y anotación de los resultados.

Posibles errores en la prueba.

Es importante conocerlos con el fin de saber que errores se podrían cometer, con el propósito de mitigarlos, corregirlos o hacer las modificaciones del caso en las pruebas de laboratorio.

- Contaminación de muestras por comida proveniente de los vasos desechados.
- Contaminación de material reciclado por otros factores (implementos de laboratorio, partículas en el ambiente, grasa de las manos, impurezas en el disolvente)
- No conocer las reglas de manipulación de material de laboratorio.
- Usar el disolvente sin destilar, lo que puede alterar los resultados de las pruebas.
- No llevar un grupo de control, lo que permita comparar resultados.
- El material usado para el reciclado sea de diferente densidad y características, aunque sean del mismo fabricante.

Medidas para no contaminar las muestras (variables no controladas-ruido):

Usar siempre guantes en todo proceso de laboratorio.

Usar pinzas de disección para manipular las muestras.

Mascara de protección.

Lavar muy bien el material de laboratorio (antes y después de cada prueba)

Mantener los insumos guardados y protegidos del polvo.

Cantidad de las muestras:

Definir el # de muestras.

Recolección y preparación de la prueba.

En una primera etapa del proceso de reciclaje se trabajará solo con vasos porque son los que mayor densidad de material tienen (más cantidad de material comparado con otras piezas).

Cómo son vasos recolectados en varios sitios después del post-consumo, los lotes de fabricación de los vasos aunque sean de la misma marca serán diferentes, reduciendo el riesgo de sesgo en la experimentación.

Recolección del material:

1. Se recolecta los vasos para ser reciclados según las siguientes características:

*usados.

* capacidad de 8oz o 237ml.

*que no tengan etiquetas pegadas que impidan su reciclaje.

*pueden estar serigrafiados.



Foto derecha: vaso inutilizado para su reciclaje; la etiqueta ha sido pegada en todo el contorno del vaso. Vaso sin posibilidad de reciclado.

2. Se separan los vasos para su reciclaje por grupos según las siguientes características:

*fabricante, Dart y Convermex (las especificaciones de material pueden variar según el productor).

*limpios

*usados.

*serigrafiados.

3. Una vez separados, los vasos sucios se deben limpiar
4. Corte de los vasos: Aro superior e inferior de los vasos se retiran con el fin de tener un material homogéneo en su densidad, como se aprecia en la foto.



Para cada uno de los grupos de vasos se debe hacer el proceso descrito anteriormente.

5. Se corta el material resultante en trozos más pequeños o se densifica usando una laminadora de rollos planos. (cuanto es la presión que hace la prensa?, importante para estandarizar el proceso)



*Izquierda: trozos más pequeños cortados en tiras, derecha, material después de ser “densificado”
Para cada uno de los grupos de vasos se debe hacer el proceso descrito anteriormente.

El proceso de reciclaje en el laboratorio

. Se prepara la superficie de trabajo.

-Se pesa el material a ser reciclado.



El peso del material es una variable muy importante pues define la cantidad en ml de solvente a usar. Porcentaje del material vs solvente.

-Se introduce el material a ser reciclado dentro de un tubo de ensayo.

*Todo el EPS debe quedar en el fondo del tubo de ensayo para facilitar que se disuelva.

Para cada uno de los grupos de vasos se debe hacer el proceso descrito anteriormente.

6. Se agrega la cantidad adecuada de disolvente según cálculos elaborados anteriormente y se agita hasta que no aparezcan mas partículas en la mezcla. Ver tabla de equivalencias



*Se debe agregar el disolvente usando guantes y en un ambiente dotado de extractores de olores ya que puede ser un compuesto nocivo.

Para cada uno de los grupos de vasos se debe hacer el proceso descrito anteriormente.

7. Se disuelve el polímero inteligente hasta volver la solución homogénea.

8. Se mezcla la solución de poliestireno expandido + la solución del polímero inteligente disuelto para formar una película



*Es importante que en la pipeta se queden las impurezas que pudieran afectar la película de poliestireno "PS"

Para cada uno de los grupos de vasos se debe hacer el proceso descrito anteriormente.

9. Se vierte la solución de solución de poliestireno expandido + la solución del polímero inteligente disuelto para formar una película en una caja de Petri.



La solución se tapa con un vidrio de reloj para que no se contamine la muestra. Se espera que en un plazo de 12h el disolvente se haya evaporado.

Para cada uno de los grupos de vasos se debe hacer el proceso descrito anteriormente.

10. Obtención película de poliestireno expandido inteligente.



Para cada uno de los grupos de vasos se debe hacer el proceso descrito anteriormente.

Variable independiente:

La calidad de las muestras y del solvente.

Variable dependiente:

Convermex y Dart, serán los fabricantes de los vasos seleccionados para realizar el experimento.

La cantidad de ml de disolvente y de los componentes.

Primeros resultados de la experimentación

- Al concluir la primera fase de pruebas se han encontrado una serie condicionantes para el reciclaje del poliestireno expandido a manera que se permita el enriquecimiento del mismo para convertirlo en un Poliestireno Inteligente Reciclado (PIR).
- Cualquier producto fabricado de EPS es factible de reciclarse independiente de su procedencia (embalaje, construcción, alimentos, decorativos, etc); sin embargo las propiedades mecánicas del mismo cambiarán, debido a la longitud de las cadenas poliméricas.
- Los rastros de comida o bebida en los productos impiden su reciclaje, por ello será necesario un proceso de limpieza que puede ser desde el momento del acopio o bien previo procesamiento.
- Cualquier tipo de etiqueta adhesiva en los vasos impide su reciclaje
- La serigrafía en los vasos que impide que el material reciclado obtenido sea susceptible a estímulos,-en otras palabras el cambio fotocromático es imperceptible-. Ya que las tintas no se pierden durante el proceso, cubriendo así el color obtenido por el agregado fotocromático
- El polímero inteligente reciclado obtenido si es posible volverse a reciclar con el fin de introducirse nuevamente en un nuevo ciclo de uso, (a medida que los ciclos de reciclaje se incrementan las propiedades del material disminuyen).



- El material deberá ser seleccionado, en la primera etapa podrá únicamente utilizarse el EPS que se encuentre sin etiquetas, ni serigrafía, sea de color blanco liso y se encuentre limpio.

Agregado de carga fotosensible.

En un tubo de ensayo se disuelve EPS mientras que en otro se disuelve el aditivo fotosensible compatible, una vez que ambos se encuentran en solución se mezclan entre sí lentamente teniendo las debidas precauciones, esta mezcla es vertida posteriormente en un vidrio preparado como se describió anteriormente utilizando a manera de filtro de impurezas un embudo de vidrio con algodón.

Cuando el solvente se ha volatilizado se obtiene una película fina de material que contiene ya las propiedades fotosensibles, en este caso respondiendo a luz solar o radiaciones UV tornando el plástico de blanco semitransparente a magenta.



Con esto se termina el proceso de obtención de Poliestireno Inteligente Reciclado, faltando únicamente obtener las características del material tanto en laboratorio como a

macroescala en la aplicación en el desarrollo de objetos. Para la fase de laboratorio se solicita apoyo al Instituto de Investigación en Materiales de la UNAM.

El resultado de estas pruebas es presentado en las siguientes páginas, comparando en la medida de lo posible el material con estirenos comerciales.

La fase de desarrollo de productos es presentada en el cuerpo principal del presente documento en los capítulos 5 y 6.

Pruebas de Tensión

IIM

Zolotukhiin Mikhail

Operador: ESC

Identificación muestra: U16. Reciclaje de material mixto

Nº. Método ensayo: 10

Polímeros (poliésteres)

Fecha de ensayo: martes, 21 de mayo de 2013.

Tipo de interfaz: 5500

Velocidad de cruceta: 10.000 mm/min

Segunda velocidad 0.0000 mm/min

Tercera velocidad: 0.0000 mm/min

Frecuencia de muestreo (pto/s) 1.0000

Temperatura: 73F

Humedad (%) 50

Dist.ent mord 26.0000 mm

D.I. probeta 25.400 mm

	Tensión en la carga max. (MPa)	Módulo (Young Aut) (MPa)	Tensión carga última (MPa)	Deformación % carga última (%)	Deformación % en la carga max. (%)	Deformación máxima (mm/mm)	Carga en punto rotura automático (kN)	Tensión en punto rotura automático (MPa)	Carga en la carga máxima (kN)	Desplazamiento en la carga máxima (mm)	Deformación en la carga máxima (mm/mm)	Tenacidad (MPa)
1	22.027	898.013	22.027	2.267	2.627	0.033	0.024	22.027	0.024	0.667	0.026	0.234
2	17.502	673.685	17.502	2.625	2.625	0.033	0.015	17.502	0.015	0.667	0.026	0.148
3	15.559	579.739	15.559	3.282	3.282	0.039	0.019	15.559	0.019	0.834	0.033	0.120
4	17.031	673.054	17.031	2.625	2.625	0.066	0.010	10.850	0.016	0.667	0.026	0.262
5	18.053	953.713	18.053	1.970	1.970	0.026	0.018	18.053	0.018	0.500	0.020	0.140
Media	18.034	755.641	18.034	2.626	2.626	0.039	0.017	16.798	0.018	0.667	0.026	0.181
D.E.	2.417	161.231	2.417	0.464	0.464	0.015	0.005	4.072	0.004	0.118	0.005	0.063
C.V.	13.401	21.337	13.401	17.672	17.672	39.066	30.262	24.241	19.918	17.672	17.672	34.817
Media na	17.502	673.685	17.502	2.625	2.625	0.033	0.018	17.502	0.018	0.667	0.026	0.148
Media +2.00 DE	22.868	1078.102	22.868	3.554	3.554	0.070	0.028	24.942	0.026	0.903	0.036	0.306
Media -2.00 DE	13.201	433.180	13.201	1.698	1.698	0.009	0.007	8.654	0.011	0.431	0.017	0.055
Mínimo	15.559	579.739	15.559	1.970	1.970	0.026	0.010	10.850	0.015	0.500	0.020	0.120
Máximo	22.027	953.713	22.027	3.282	3.282	0.066	0.024	22.027	0.024	0.834	0.033	0.262

Pruebas de Tensión

IIM

Zolotukhiin Mikhail

Operador: ESC

Identificación muestra: U15. Reciclaje en segunda fase.

Nº. Método ensayo: 10

Polímeros (poliésteres)

Fecha de ensayo: martes, 21 de mayo de 2013.

Tipo de interfaz: 5500

Velocidad de cruceta: 10.000 mm/min

Segunda velocidad 0.0000 mm/min

Tercera velocidad: 0.0000 mm/min

Frecuencia de muestreo (pto/s) 1.0000

Temperatura: 73F

Humedad (%) 50

Dist.ent mord 26.0000 mm

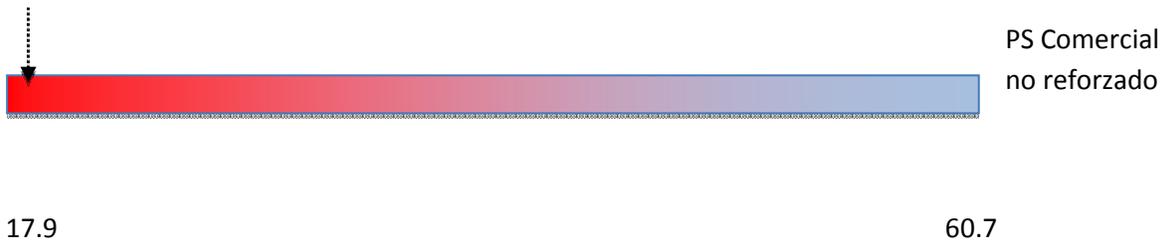
D.I. probeta 25.400 mm

	Tensión en la carga max. (MPa)	Módulo (Young Aut) (MPa)	Tensión carga última (MPa)	Deformación % carga última (%)	Deformación % en la carga max. (%)	Deformación máxima (mm/mm)	Carga en punto rotura automático (kN)	Tensión en punto rotura automático (MPa)	Carga en la carga máxima (kN)	Desplazamiento en la carga máx (mm)	Deformación en la carga máx (mm/mm)	Tenacidad (MPa)
1	36.980	2220.312	36.980	3.282	3.282	0.039	0.011	36.980	0.011	0.834	0.033	0.454
2	17.448	513.598	17.448	3.282	3.282	0.039	0.010	17.448	0.010	0.834	0.033	0.144
3	9.054	447.896	9.054	1.970	1.970	0.026	0.003	9.054	0.003	0.500	0.020	0.093
4	18.979	961.307	18.979	1.970	1.970	0.026	0.009	18.979	0.009	0.500	0.020	0.100
5	20.785	297.158	20.785	5.345	5.345	0.093	0.005	11.483	0.009	1.358	0.053	0.352
Media	20.649	888.054	20.649	3.170	3.170	0.045	0.008	18.789	0.009	0.805	0.032	0.229
D.E.	10.176	784.759	10.176	1.382	1.382	0.028	0.004	10.965	0.003	0.351	0.014	0.164
C.V.	49.281	88.368	49.281	43.592	43.592	61.654	44.352	58.359	36.318	43.592	43.592	71.860
Media na	18.979	513.598	18.979	3.282	3.282	0.039	0.009	17.448	0.009	0.834	0.033	0.144
Media +2.00 DE	41.001	2457.573	41.001	5.933	5.933	0.100	0.015	40.718	0.015	1.507	0.059	0.557
Media -2.00 DE	0.297	-681.465	0.297	0.406	0.406	-0.010	0.001	-3.141	0.002	0.103	0.004	-0.100
Mínimo	9.054	297.158	9.054	1.970	1.970	0.026	0.003	9.054	0.003	0.500	0.020	0.093
Máximo	36.980	2220.312	36.980	5.345	5.345	0.093	0.011	36.980	0.011	1.358	0.053	0.454

Comparativa de propiedades del PIR respecto a las propiedades encontradas en los poliestireno comerciales moldeados no reforzados. (Datos obtenidos de <http://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=df6b1ef50ce84e7995bdd1f6fd1b04c9&ckck=1>)

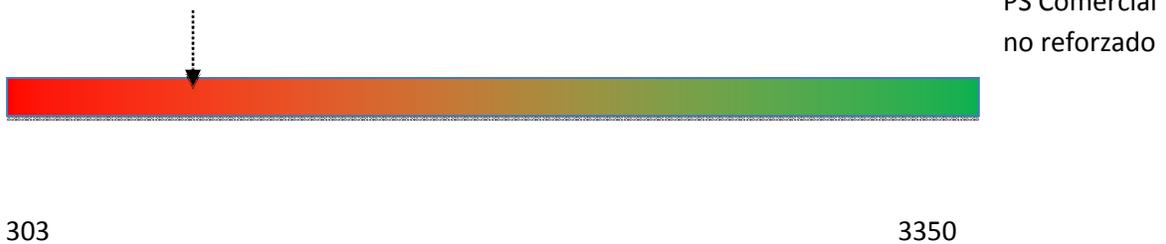
Tensión a la carga máxima (MPa)

PIR 18.03



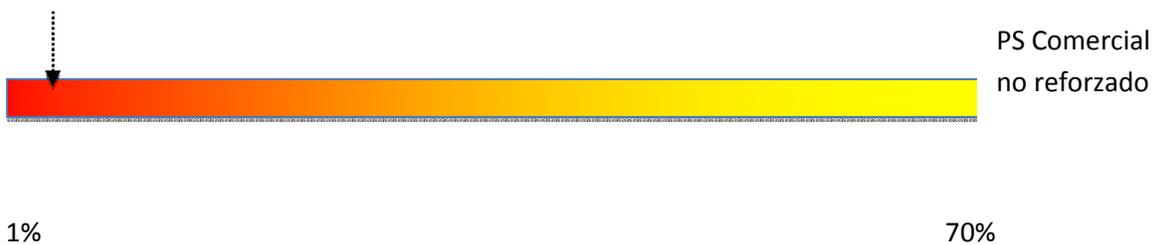
Modulo Young (MPa)

PIR 755.641



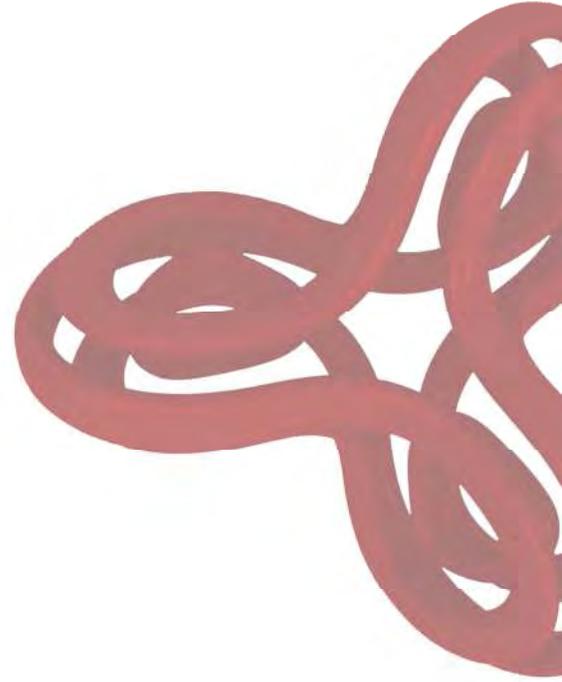
Deformación en la carga máxima (%)

PIR 2.62



9

Bibliografía



1. M. Elena La gestión tecnológica como herramienta de planeación estratégica y operativa para las unidades de información. *Revista interamericana de bibliotecología de Medellín*, 89-114. (2005).
2. ARREDONDO ,Alejandro "Hidrogeles. Potenciales biomateriales para la liberación controlada de medicamentos," *Revista Ingeniería Biomédica*, vol. 3, no. 5, pp. 83-94, enero-junio 2009.
3. BAEZA, Alejandro. *Polímeros Conductores Inteligentes*. UNAM, Facultad de Química, Departamento de Química Analítica, Mexico D.F.
4. BAR-COHEN, Yoseph. Biologically-Inspired Intelligent Robots Using Artificial Muscles. (California 2002), BISQUERT, Juan. Células solares de titanio nanoestructurado sensitivizado. Alternativas para la generación fotovoltaica. (España 2002), Departament de Ciències Experimentals Universitat Jaume
5. CANO Serrano, Encarnación. *Polímeros Inteligentes y Aplicaciones*. cimtan, Madrid, 2009
6. CANO Serrano, Encarnación. *Polímeros Inteligentes. Informe de Vigilancia Tecnológica*. Circulo de innovación en materiales, tecnología aeroespacial y nanotecnología, Madrid. España, 2008.
7. CASTELLÓ, Antoni. Delimitación conceptual de la inteligencia; Un análisis de las dimensiones Física, Funcional y Conductual.. *Boletín de Psicología*, 74 (Marzo 2002), 7-25.
8. CONTRERAS, María Fernanda Rabell. Estudio de factibilidad de biodegradación de plásticos mediante composteo. Hacia la sustentabilidad: Los residuos sólidos como fuente de energía y materia prima (2011), 519-523.
9. CSIKSZENTMIHALYI, M. (1998): *Creatividad. El flujo y la psicología del descubrimiento y la invención*. Barcelona: Paidós.
10. D'ARS IE , Duilio. "Los plásticos reforzados con fibras de vidrio". Ed. Distal-Mitre . 9ª Edición. Argentina
11. DANIELS, C.A. *Polymers: Structure and Properties*. Technomic Publishing CO., Lancaster, 1989.
12. G. Dennler et. A self-rechargeable and flexible polymer solar battery. *ELSEVIER, Solar Energy*, 81 (2007), 947-957.
13. GARCÍA, S. Referencias histórica y evolución de los plásticos. *Revista Iberoamericana de Polímeros* 2009, 10 (1), 10.
14. GÓMEZ Crespo, Miguel Ángel. Juguetes y polímeros superabsorbentes. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 8 (2011), 460-465
15. J.D.W. Madden, N.A. Vandesteeg, P.A. Anquetil, P.G.A. Madden, A. Takshi, R.Z.Pytel, S.R. Lafontaine, P.A. Wieringa, I.W. Hunter, *Ieee J. Oceanic Eng.* 29 (2004).

16. J.L. Escobar, "HIDROGELES. PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS EN EL DISEÑO DE SISTEMAS DE LIBERACIÓN CONTROLADA DE FÁRMACOS," *Revista Iberoamericana Polímeros*, vol. 3, no. 3, p. 25, Julio 2002
17. KAZUTO Takashima. McKibben artificial muscle using shape-memory polymer. *Sensors and Actuators A: Physical*. 2010; 116-124
18. LAFONT Morgado ,Pilar. "Dispositivos médicos basados en el empleo de polímeros electroactivos," in *8º congreso iberoamericano de ingeniería mecánica*, cusco, 2007, p. 8.
19. LOPEZ Garcia, Oscar. Materiales inteligentes I/II. introduccion a los materiales del siglo XXI. *anales de mecánica y electricidad* (noviembre-diciembre 2003), 40-46.
20. M.R., Aguilar. Smart polymers and their applications as biomaterial. *Topics in Tissue Engineering*, 3, 1, 2007.
21. MATHER, Patrick T. Shape Memory Polymer. *Annual Review of Materials Research*, 39 (2009), 445-471.
22. MIRAVETE, Antonio "Los nuevos materiales en la construcción". Editorial Reverte .2ª Ed. Universidad de Zaragoza , 1995
23. MORTIMER RJ, Dyer AL, Reynolds JR. Electrochromic organic and polymeric materials for display applications. *Displays*. 2006; 27
24. New Prismatic Enterprise Co., "Colours beyon imagination," New Prismatic Enterprise Co., China, Información comercial 2012.
25. PANYUKOV S, Rabin Y. Statistical physics of polymer gels. *Physics Reports*. 1996; 269
26. PATEL, et. al. Utilization of smart polymers and ceramic based piezoelectric materials for scavenging wasted energy. *Elsevier*, 159 (Marzo 2010), 213-218.
27. PEDLEY, G., Skelly, P.J., Tighe, B.J, *Polymers* R:99 (1980)
28. POJANAVARAPHAN, T.; Magaraphan, R.; Chiou, B-S.; Schiraldi, D.A. Development of Biodegradable Foamlike Materials Based on Casein and Sodium Montmorillonite Clay. *Biomacromolecules*. 2010, (11) 2640-2646
29. POZO, Antonio M. Estabilidad temporal y reproducción del color en pantallas planas lcd y amoled. (Alicante 2010), IX CONGRESO NACIONAL DEL COLOR.
30. SÁEZ, Virginia et. al. Liberación controlada de fármacos. Hidrogeles. *Revista Iberoamericana de Polímeros*, 4, (1) (enero 2003), 71.
31. SEGURA Daniel, Raúl Noguez y Guadalupe Espín. Contaminación ambiental y bacterias productoras de plásticos biodegradables. *Biotecnología*, 14, 361-372.
32. Volke Sepúlveda, Tania. Los plásticos en la actualidad y su efecto en el entorno. *Ciencia y Desarrollo*, Marzo 1998, Vol. XXIV. CONACYT ,p. 54-61

33. SIMÓN Sol, G. (2009). Más de 100 definiciones de diseño: principales conceptos sobre el diseño y la actividad de los diseñadores. México: UATEM.
34. SOSA, A. M. Los Plásticos: Materiales a Medida. *Como Ves* **2003**, No. 43, 22-25
35. SPERLING, L. H. *Introduction to Physical Polymer Science*, 4th ed.; Wiley-Interscience, 2005; p 880
36. T.F. Otero. Biomimetic electrochemistry from conducting polymers. A review Artificial muscles, smart membranes, smart drug delivery and computer/neuron interfaces. *Electrochimica Acta*, 2012, 17 p.
37. TANVEER., R. (20 de Mayo de 2012). Organic Light Emitting Diodes-Smart Elements For Displays. Obtenido de <http://fa.infosum.net/communication/organic-light-emitting-diodes-smart-elements-for.html>
38. TORRES, Dra. Mercé Martínez I. ¿Como podemos entender la inteligencia en el siglo XXI?; Una vision Psico-socio-cultural. (Barcelona 2011), Universidad de Barcelona.
39. VALDIVIE, C. Fernández-. Caracterización de un material termocrómico para su empleo en sensores. Proceedings of SPIE, the International Society for Optical Engineering, vol. 4185 (2000), 146-149.
40. WEB: Las PyMES en México (04 de 03 de 2012). Obtenido de PEPE Y TOÑO: http://www.pepeytono.com.mx/crea_tu_empresa/las_pymes_en_mexico
41. WEB: *Programa de integración de las TIC en la docencia*. (25 de 07 de 2011). Obtenido de Universidad de Antioquia : http://aprendeenlinea.udea.edu.co/lms/moodle/file.php/478/Capitulo_5/Basico/Gestion_tecnologia.pdf
42. WEB: Research Directorate. *Technology Readiness Assessment (TRA) Deskbook*. DEPARTMENT OF DEFENSE, Julio 2009
43. WEB: Scientific Advisory Board. Briefing Note on Biodegradable Plastics. En: The oxobiodegradable Plastics Association Homepage.
44. W. Kuhn, B. Hargitay, A. Katchalsky, H. Eisenberg, Nature 165 (1950) 514
45. ZAMORA Álvarez, Tomás. Viabilidad de los materiales inteligentes en el mobiliario de oficina. *Revista de Biomecanica*, 50 (Julio 2008), 19-20