



**DESARROLLO DE PROTOTIPO DE PLATAFORMA DE BASE DE
CONOCIMIENTO EN EL ESTUDIO DE SISTEMAS INTELIGENTES APLICADOS
AL PROCESO DE INYECCION DE PIEZAS Y MICROPIEZAS DE PLASTICOS**

**LAURA LUCIA ZABALA VARGAS
GLORIA ÁNGELA PRIETO RODRÍGUEZ**

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS
BOGOTÁ
2018**

**DESARROLLO DE PROTOTIPO DE PLATAFORMA DE BASE DE
CONOCIMIENTO EN EL ESTUDIO DE SISTEMAS INTELIGENTES APLICADOS
AL PROCESO DE INYECCION DE PIEZAS Y MICROPIEZAS DE PLASTICOS**

**LAURA LUCIA ZABALA VARGAS
GLORIA ÁNGELA PRIETO RODRÍGUEZ**

**Trabajo de Investigación Tecnológica presentado como requisito para optar
al título de Ingeniero de Sistemas**

**Asesor: Miryam Liliana Chaves Acero
Maestría en Ingeniería y Gestión de la Innovación**

**Co asesor: Héctor Darío Jaimes Parada
Maestría en Tecnologías de la información aplicadas a la educación**

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS
BOGOTÁ
2018**



Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:
Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

Para leer el texto completo de la licencia, visita:
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.5/co/>

Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra
hacer obras derivadas

Bajo las condiciones siguientes:



Atribución — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



No Comercial — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.

Nota de Aceptación

Aprobado por el comité de grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Facultad de Ingeniería y la Universidad Católica Colombia para optar al título de Ingeniero de sistemas.

Miryam Liliana Chaves Acero

Asesor

Héctor Darío Jaimes Parada

Co Asesor

Jurado 1

Jurado 2

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Universidad Católica de Colombia y a sus docentes por la formación y enseñanza que nos brindaron a lo largo de la carrera universitaria, a nuestros asesores Liliana Chaves y Héctor Jaimes por habernos guiado en este proyecto por medio de sus conocimientos y dedicación.

Agradecemos a nuestros padres Wilson & Cecilia y Aristides, Yolanda & Gloria, por su esfuerzo y dedicación, por su ejemplo a seguir y su amor eterno, por habernos apoyado en el proceso de formación académica universitaria, por los valores y principios inculcados a lo largo de nuestra vida que nos permitieron formarnos como personas, por su apoyo incondicional en todo momento de nuestra vida, por dedicar toda su vida a nosotros, por creer en nosotras y sentirse orgullosos de nuestros logros siempre.

Agradecemos a nuestros abuelos Flor, Eva, Ana Victoria & Aristides por la sabiduría y consejos, por impulsarnos a soñar, a ser mejores personas cada día y ser sus consentidas siempre.

RESUMEN

La creación de las microtecnologías se encuentra en su mejor momento debido a que en diversos campos de estudio se están usando e implementando. Estas tecnologías junto con la microinyección de plásticos han generado grandes expectativas en el mercado debido a que esta unión hace que se pueda optimizar el proceso de fabricación de piezas y micro piezas de plástico, lo cual empuja a que las tecnológicas por medio de la inteligencia artificial den la posibilidad de crear, un sistema inteligente, el cual pueda integrar a este proceso la impresión 3D, los medios robotizados para la fabricación de los moldes y la utilización de técnicas de inteligencia artificial y sistemas expertos.

Al proceso de microinyección de plásticos se han aplicado varias técnicas de inteligencia artificial para el mejoramiento de este, por lo cual es necesario recopilar los sistemas inteligentes más relevantes que se han desarrollado hasta el día de hoy. Por lo tanto, este proyecto busca realizar un prototipo de plataforma de base de conocimiento, en donde se encuentre información acerca de estas tecnologías de inteligencia artificial para ayudar en futuras decisiones sobre que técnica se puede usar en las diferentes fases de este proceso.

PALABRAS CLAVE: aplicación informática, base de conocimiento, inteligencia artificial, programación informática, sistema experto, vigilancia tecnológica.

ABSTRACT

The creation of microtechnologies is at its best. These technologies combined with the microinjection of plastics have generated great expectations in the market because this combination can optimize the process of manufacturing pieces and micro pieces of plastic, using Artificial intelligence to create an intelligent system, which can integrate a 3D printing process, robotized media for the manufacture of molds and the use of artificial intelligence techniques and expert systems.

The plastics microinjection process has involved several techniques of artificial intelligence for the improvement of this, which is why it is necessary to collect the most relevant intelligent systems that have been developed to this day. Therefore, this project seeks to make a prototype of a knowledge base platform, where information about these artificial intelligence technologies can be found to help in future decisions about which technique can be used in the different phases of this process.

KEY WORDS: artificial intelligence, computer application, computer programming, expert system, knowledge base, technology forecasting.

TABLA DE CONTENIDO

GLOSARIO.....	10
INTRODUCCIÓN.....	11
TITULO.....	12
ALTERNATIVA.....	12
1. GENERALIDADES.....	12
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	14
1.2.1. Descripción del problema.....	14
1.2.2. Formulación del problema.....	14
1.3. OBJETIVOS.....	15
1.3.1. Objetivo general.....	15
1.3.2. Objetivos específicos.....	15
1.4. JUSTIFICACIÓN.....	15
1.5. DELIMITACIÓN.....	16
1.5.1. Espacio.....	16
1.5.2. Tiempo.....	16
1.5.3. Contenido.....	16
1.5.4. Alcance.....	16
1.6. MARCO REFERENCIAL.....	17
1.6.1. Marco teórico.....	17
1.6.2. Marco conceptual.....	21
1.7. ESTADO DEL ARTE.....	24
1.8. METODOLOGÍA VIGILANCIA TECNOLÓGICA Y CASCADA.....	25
2. TENDENCIAS TECNOLÓGICAS EN LA APLICACIÓN DE SISTEMAS INTELIGENTES PARA OPTIMIZAR LOS PROCESOS DE INYECCIÓN DE PLÁSTICO.....	29
2.1. INTRODUCCIÓN VIGILANCIA TECNOLÓGICA.....	29
2.2. OBJETIVOS DE LA VIGILANCIA TECNOLÓGICA.....	29
2.3. BÚSQUEDA DE INFORMACIÓN.....	29
2.3.1. IDENTIFICACIÓN DE PALABRAS CLAVE ASOCIADAS AL TEMA A VIGILAR.....	29
2.3.2. IDENTIFICACIÓN Y SELECCIÓN DE LAS FUENTES DE INFORMACIÓN RELEVANTES.....	30
2.3.3. FORMULACIÓN DE LA ECUACIÓN DE BÚSQUEDA.....	30
2.4. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.....	30
3. ATRIBUTOS DE DESARROLLO DE UNA BASE DE CONOCIMIENTO.....	33
3.1. INTRODUCCIÓN DE LA ONTOLOGÍA.....	33
3.2. ONTOLOGIA.....	33
3.2.1. FASE 1.....	33

4. DESARROLLO DE PROTOTIPO DE BASE DE CONOCIMIENTO	37
4.1. METODOLOGÍA CASCADA	37
4.2. CICLO DE VIDA METODOLOGÍA CASCADA	37
4.2.1. ANALISIS	37
4.2.2. DISEÑO	39
4.2.3. CODIFICACIÓN	46
CONCLUSIONES	51
TRABAJOS FUTUROS	52
RECOMENDACIONES	53
BIBLIOGRAFÍA	54
ANEXOS	58
ANEXO A: MANUAL DE USUARIO	58
ANEXO B: CODIGO DE DESARROLLO PROTOTIPO BASE DE CONOCIMIENTO	61
ANEXO C: SCRIPT DE BASE DE CONOCIMIENTO	62

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ciclo de vida de la metodología cascada.....	28
Figura 2: Numero de artículos por año (2014-2019).....	31
Figura 3: Diagrama de palabras claves de los artículos	32
Figura 4: Diagrama de clasificación de clases.....	34
Figura 5: Requerimiento funcional 1	37
Figura 6: Requerimiento funcional 2.	38
Figura 7: Diagrama entidad relación.....	39
Figura 8: Modelo de base de datos MySQL.....	40
Figura 9: Diagrama de actividades.	40
Figura 10: Diagrama de secuencia.	41
Figura 11: Diagrama casos de usos.	42
Figura 12: Caso de uso “Consultar Artículos”	42
Figura 13: Diagrama de componentes.....	43
Figura 14: Mockup del inicio	44
Figura 15: Mockup de los artículos pertenecientes a una clasificación.....	45
Figura 16: Menú principal.....	58
Figura 17: Pantalla de selección del clasificador 2014	59
Figura 18: Pantalla de los artículos del año 2014	59

GLOSARIO

INVESTIGACION: Según Colciencias, el objetivo de la investigación es “orientar la formulación de políticas, planes, programas y estrategias, así como su seguimiento y evaluación, con el fin de promover la generación de conocimiento y fortalecer las capacidades de la investigación y desarrollo, con énfasis en aquellos que permitan aprovechar las oportunidades y contribuyan a la solución de los retos del país, para lograr un desarrollo social y económico sostenible.”³³

ARTÍCULO CIENTÍFICO O PAPER: Son documentos los cuales contienen los resultados de una investigación de determinado tema junto con los conocimientos adquiridos en esta.³⁴

ANÁLISIS DE INFORMACIÓN: Según Colciencias el análisis de información es el “proceso de decodificar los datos que contiene un documento específico, a través de operaciones de procesamiento, que permitan el acceso y recuperación de datos, en aras de traducirlo posteriormente a un lenguaje entendible, el cual es llamado epígrafe, a fin de realizar con un nuevo documento, llamado producto”.³⁵

PROTOTIPO: “Un prototipo es un modelo el cual podemos utilizar para generar y diseñar una actividad que nos permita crear un diseño rápido en la construcción de un software”.²¹

BASE DE CONOCIMIENTO: Tipo de base de datos especializado en la gestión del conocimiento, ayudando en la recolección, organización y recuperación computarizada de conocimiento, siendo así un depósito de información creado gracias a una extensa investigación organizado.⁵

⁵D. López y C. Reyes, «SlideShare,» 22 septiembre 2011. [En línea]. Available:

https://es.slideshare.net/uni_fcys_sistemas/bases-de-conocimiento-vs-bases-de-datos. [Último acceso: 25 Noviembre 2018].

²¹ Weebly, «INGENIERIA DE SOFTWARE,» [En línea]. Available: <https://ingsoftware.weebly.com/ciclo-de-vida-de-un-prototipo.html>.

³³ Colciencias, «Colciencias,» [En línea]. Available: <https://www.colciencias.gov.co/investigadores>. [Último acceso: 31 05 2019].

³⁴ A. González, «Hot courses Latinoamerica,» 19 07 2018. [En línea]. Available:

<https://www.hotcourseslatinoamerica.com/study-abroad-info/choosing-a-university/como-escribir-un-articulo-cientifico-o-paper-para-la-universidad/>. [Último acceso: 31 05 2019].

³⁵ E. pensante, «El pensante,» 23 04 2016. [En línea]. Available: <https://educacion.elpensante.com/el-analisis-de-informacion/>. [Último acceso: 31 05 2019].

INTRODUCCIÓN

En este proyecto, se realiza una investigación, la cual consiste en la compilación de los sistemas inteligentes más relevantes que se están utilizando actualmente en la de inyección de plásticos y que hayan tenido éxito en su implementación permitiendo la optimización, mejora del proceso y ofrezcan soluciones a los subprocesos requeridos en la fabricación de las micropiezas plásticas.

El proceso de fabricación de micropiezas plásticas actualmente posee una gran demanda, la cual se incrementará cada vez más debido a que no existe un mercado específico de estas micropiezas, sino que son usadas en varios y muy importantes sectores como lo son: biomedicina, electrónica, biotecnología, entre otros.¹

Además, pueden ser utilizados de nuevo mediante gran variedad de métodos (reciclado mecánico, químico o recuperación energética, entre otros).²

Esta información obtenida por medio de un proceso de vigilancia tecnológica se recopilará en una base de conocimiento la cual servirá para contribuir en el desarrollo del proyecto “DISEÑO DE SISTEMA INTELIGENTE PARA LA MICROFABRICACIÓN DE PLÁSTICOS”, el cual consiste en diseñar un sistema inteligente integrado que optimice el proceso de fabricación de micropiezas de plástico, a través de la integración de estrategias de mecanizado robotizado de moldes, pruebas de diseño a través de procesos de prototipado rápido y técnicas de Inteligencia Artificial.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en la vigilancia tecnológica, esta información será insumo para el desarrollo de una base de conocimiento la cual ayuda a la recolección, organización y recuperación del conocimiento obtenido en esta investigación.

¹ A. R. Razali y. Qin, «A Review on Micro-manufacturing, Micro-forming and their Key Issues, » *Procedia Engineering*, vol. 53, pp. 665-672, 2013

²J. Garcia, «sites.google.com,» 21 diciembre 2009. [En línea]. Available: <https://sites.google.com/site/proyectointeligenciaartificial/indice/los-sistemas-expertos...> [Último acceso: 20 noviembre 2018].

TITULO

Desarrollo de prototipo de plataforma de base de conocimiento en el estudio de sistemas inteligentes aplicados al proceso de inyección de piezas y micropiezas de plásticos.

ALTERNATIVA

Trabajo de Investigación Tecnológica: Consiste en la participación del estudiante en la identificación de una necesidad tecnológica, la formulación de un proyecto que responda a la misma y a los avances en el desarrollo de un prototipo, simulación o diseño.

1. GENERALIDADES

1.1. ANTECEDENTES

La microfabricación junto con la evolución de la tecnología ha hecho que se realicen investigaciones en las cuales dan como resultado la importancia de incorporar la inteligencia artificial en los procesos de fabricación de micropiezas.³

La inteligencia artificial posee unas técnicas que se han utilizado en diferentes investigaciones y trabajos que ayudando la optimización de este proceso.

Las redes neuronales y la lógica difusa ayudan a establecer los parámetros iniciales del proceso⁴, los sistemas expertos podrán mejorar la selección de parámetros que influyan en la calidad por medio de un diseño de experimentos.⁵

Los sistemas inteligentes podrán optimizar el proceso de moldeo correlacionando los parámetros del proceso con los defectos de inyección, manteniendo cierto nivel de calidad.³

³ X.-P. Dang, « General frameworks for optimization of plastic injection molding process parameters, » Simulation Modelling Practice and Theory, vol. 41, pp. 15-27, 2014.

⁴ S. L. Mok y C. K. Kwong, «Application of artificial neural network and fuzzy logic in a case-based system for initial process parameter setting of injection molding, » Journal of Intelligent Manufacturing, vol. 3, pp. 165-176, 2002.

⁵ D. López y C. Reyes, «SlideShare,» 22 septiembre 2011. [En línea]. Available: https://es.slideshare.net/uni_fcys_sistemas/bases-de-conocimiento-vs-bases-de-datos. [Último acceso: 25 noviembre 2018].

Los sistemas expertos junto con la lógica difusa podrán ayudar en el manejo de grandes cantidades de funciones cualitativas de partes, sin necesitar una fase de entrenamiento, también sirven para determinar correctamente parámetros de inyección, como lo es la longitud del flujo⁶, que influye en la calidad final de la pieza inyectada.

El método de Taguchi se ha utilizado como herramienta para optimizar los parámetros de moldeo por inyección para reducir la contracción.⁷

El sistema difuso gris ha ayudado en el diseño del proceso óptimo para piezas moldeadas por inyección con una característica de carcasa delgada.⁸ A pesar de tener éxito en el establecimiento de parámetros de proceso para casos específicos, todavía se tiene un problema en cómo usarlos y adaptarlos en el caso de inyectar diferentes partes, especialmente en la precisión que se debe tener para la fabricación de micropiezas.

Los robots podrán ayudar en la automatización de procesos de pulido de moldes, pero existe un problema en la fuerza constante que el manipulador robótico debe hacer en el proceso. Esto genera la necesidad de implementar un control de fuerza en los robots. Actualmente la robótica industrial necesita robots eficientes, flexibles, y robustos que tengan cierto nivel de autonomía⁹.

La robótica industrial ha evolucionado hacia robots con capacidades de sensorización y seguridad, permitiéndole realizar tareas que solo las podía hacer un humano. A pesar de los avances en robótica, todavía no se ha desarrollado el conocimiento para que un robot sea autónomo.

⁶ A. Salimi, M. Subai, L. Buldu y Ç. Karata, «Prediction of flow length in injection molding for engineering plastics by fuzzy logic under different processing conditions,» *Iranian Polymer Journal*, vol. 22, pp. 33-41, 2013.

⁷ B. KC, O. Faruk, J. A. M. Agnelli y A. Leao, «Sisal-glass fiber hybrid biocomposite: Optimization of injection molding parameters using Taguchi method for reducing shrinkage, » *Composites Part an Applied Science and Manufacturing*, vol. 89, pp. 155-159, 2015.

⁸ K.-T. Chiang y F.-P. Chang, «Application of grey-fuzzy logic on the optimal process de-sign of an injection molded part with a thin shell feature, » *International Communications in Heat and Mass Transfer*, vol. 33, pp. 94-101, 2008.

⁹ T. Stipancic, B. Jerbic y P. Curkovic, «A context-aware approach in realization of socially intelligent industrial robots, » *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, vol. 37, pp. 79-89, 2016.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1. Descripción del problema

La fabricación de las micro piezas plásticas requieren de una gran precisión y calidad en los subprocesos que se deben realizar para lograr obtener el resultado deseado, lo cual hace que la micro fabricación posea un índice alto de complejidad, altos costos y baja productividad debido a que en este proceso intervienen más de 300 variables y porque posee de tres etapas de producción que comprenden desde el diseño de los moldes, el mecanizado preciso que debe hacer y la micro inyección que necesita de una persona capacitada por la inexistencia de ecuaciones analíticas que ayuden a relacionar la calidad deseada con las variables que se deben modificar a pie de máquina¹⁰.

Los altos tiempos que necesita la prefabricación junto con la pérdida de material por piezas de mala calidad hace que sea necesario incorporar un diseño de un sistema inteligente cuya base es la base de conocimiento requerida para el diseño y desarrollo de cualquier sistema experto que se quiera implementar para mejorar la fabricación de las micro piezas.

De todo lo anterior, surge la necesidad de desarrollar este proyecto como propuesta de compilar todo el conocimiento de sistemas inteligentes aplicados al proceso de inyección de plásticos a través de un estudio de vigilancia tecnológica de los sistemas inteligentes implementados en el proceso de inyección de plásticos hasta el día de hoy, en donde los resultados de esta investigación serán recolectados, organizados y recuperados en una base de conocimiento.

1.2.2. Formulación del problema

¿Cómo se debería unir todo el conocimiento existente hasta el día de hoy, para ser la base de desarrollo de los sistemas inteligentes aplicados al proceso de inyección de plásticos para la mejora de las condiciones de fabricación de las piezas y micropiezas?

¹⁰ M. L. Chaves, J. Rios, J. d. J. Marquez y A. Vizán, «Inspection model assists in correcting injection defects. Polymer Engineering & Science,» *Polymer Engineering & Science*, vol. 50, pp. 1268-1279, 2010.

1.3.OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

Desarrollar un prototipo de plataforma de base de conocimiento funcional para la clasificación de los sistemas inteligentes aplicados al proceso de inyección de plástico por medio de una vigilancia tecnológica y el desarrollo de una ontología que apoye en la mejora de las condiciones de fabricación de las piezas y micropiezas.

1.3.2. Objetivos específicos

1. Identificar las tendencias tecnológicas que se han desarrollado en la aplicación de sistemas inteligentes junto con sus mejoras en donde ayuden a optimizar los procesos de inyección de plástico por medio de un proceso de vigilancia tecnológica.
2. Identificar los atributos para el desarrollo de una base de conocimiento que permita la correcta identificación de las variables a tener en el desarrollo de sistemas inteligentes aplicados a la mejora del proceso de fabricación de piezas y micropiezas plásticas inyectadas.
3. Desarrollar un prototipo de plataforma de software que recopile el conocimiento funcional de los sistemas inteligentes aplicados al proceso de inyección de plásticos en los últimos cinco años.

1.4. JUSTIFICACIÓN

El proyecto pretende desarrollar un prototipo de plataforma de base de conocimiento sobre el estudio de todos los sistemas inteligentes que se han implementado hasta el día de hoy en la inyección de plásticos, permitiendo así, integrar a partir de este estudio un óptimo sistema inteligente que ayude en todo este proceso de inyección de plásticos.

Actualmente, el proyecto DISEÑO DE SISTEMA INTELIGENTE PARA LA MICROFABRICACIÓN DE PLÁSTICOS no posee un sistema que recopile todas las técnicas de inteligencia artificial implementadas en el proceso de inyección de plásticos, por lo cual este proyecto ayudará en futuras decisiones sobre que técnica se puede usar en las diferentes fases de este proceso, para así lograr crear un sistema inteligente que optimice y mejore la microfabricación de piezas y micropiezas de plástico.

El desarrollo del prototipo de base de conocimiento trae consigo ventajas, las cuales son:

- Conocer las características del entorno
- Encontrar oportunidades

Anticipar los cambios a partir de la gestión de la información científica y tecnológica, permitiendo la disminución de riesgos en el proceso de toma de decisiones del proceso.¹¹

1.5. DELIMITACIÓN

1.5.1. Espacio

La investigación tecnológica y el desarrollo e implementación de prototipo se realizará en la ciudad de Bogotá, Colombia.

1.5.2. Tiempo

La investigación tecnológica y el desarrollo e implementación de prototipo se puede limitar por el tiempo comprendido en el periodo de un semestre académico.

Para realizar el proceso de investigación es necesario contar con una conexión a internet y en caso de fallas pueden retrasar el proceso.

1.5.3. Contenido

El prototipo se realizará solamente con la información obtenida de los sistemas expertos aplicados al proceso de inyección de plásticos que se han usado los últimos cinco años.

Los artículos obtenidos en la investigación dependerán de las bases de datos consultadas.

1.5.4. Alcance

El periodo de implementación del prototipo se dará dentro del primer semestre del año 2019 de la Universidad católica de Colombia.

El proyecto en desarrollo en su contenido tendrá la recopilación de los sistemas expertos aplicados al proceso de inyección de plásticos de los últimos cinco años como resultados de la previa investigación realizada en la vigilancia tecnológica.

¹¹ D. Li, H. Zhou, P. Zhao y Y. Li, «A real-Time Process Optimization System for Injection Molding, State Key Laboratory of Mold and Die Technology, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan, Hubei 430074,» *People's Republic of China*, pp. 5-7, 2009.

El prototipo será realizado en espacios de la universidad Católica de Colombia y del hogar de los desarrolladores del proyecto.

El proyecto pretende contribuir en el desarrollo del proyecto “DISEÑO DE SISTEMA INTELIGENTE PARA LA MICROFABRICACIÓN DE PLÁSTICOS”, el cual consiste en diseñar un sistema inteligente integrado que optimice el proceso de fabricación de micropiezas de plástico, a través de la integración de estrategias de mecanizado robotizado de moldes, pruebas de diseño a través de procesos de prototipado rápido y técnicas de Inteligencia Artificial.

1.6. MARCO REFERENCIAL

1.6.1. Marco teórico

La fabricación de micropiezas de plástico al paso de los años se ha vuelto en un tema de gran importancia debido a que la fabricación de estas piezas ha ayudado en la mejora de vida de los seres humanos. La implementación de estas piezas se va haciendo más fuerte ya que son necesarias en diversos campos; medicina, automotor, aeroespacial, entre otros.

Microfabricación: Proceso que emplea técnicas de miniaturización para la fabricación de micropiezas. Este proceso cuenta con tres fases:

- **Diseño Geométrico de micropiezas y moldes:** Fase fundamental del proceso de microfabricación, que requiere de la utilización de sistemas CAD (Diseño Asistido por Computador), para analizar los requerimientos geométricos de las micropiezas. Después que el diseño se encuentre hecho este debe ser analizado por un sistema CAE (Ingeniería Asistida por Computadora), primero para la fabricación del molde, de forma que se identifiquen las herramientas necesarias a utilizar en las máquinas herramientas, los tiempos de procesado y la calidad final del molde. Una vez definido esto, se realiza los análisis de inyección con un sistema CAE, como Moldflow, que simulen la microinyección de las piezas plásticas.
- **Fabricación del Molde:** El molde es uno de los factores más importante para que el proceso de microfabricación sea de buena calidad. Este debe tener un diseño que permita un buen flujo del plástico durante todas las fases del proceso, dándole las mejores condiciones para que así las piezas se realicen correctamente.

La fabricación de molde posee un gran índice de complejidad debido a que en ella influye la selección del material que pueda soportar todas las propiedades de los polímeros y temperaturas; también debido a que estos moldes deben ser eficientes y rentables en todo el proceso, debido a que esta fase genera altos costos en toda la producción.

Microinyección: La tercera fase del proceso de microfabricación es la microinyección, la cual consiste en analizar los sucesos en la máquina y el comportamiento de las más de 200 variables que influyen en el proceso buscando así la fabricación de micropiezas de alta calidad Este proceso es complejo debido a la falta de existencia de fórmulas matemáticas que permitan encontrar las óptimas variables y parámetros para producir piezas de alta calidad desde el comienzo hasta el fin del proceso. Debido a este problema, se han implementados sistemas expertos¹¹ y lógica multiobjetivo¹². El proceso de inyección inicia con el ingreso del plástico en pellets a una tolva que transporta el material a un cilindro con un tornillo en el que se suministra calor para que así este se transforme a un estado viscoelástico que fluya hacia el molde a través de la presión de inyección y así este se solidifique de acuerdo con la forma del molde.

La microinyección puede durar días, semanas y hasta meses, hasta por fin llegar a obtener micropiezas con la calidad y precisión necesaria. Y teniendo en cuenta que esta fase debe repetirse cada vez que se cambia de pieza en cada máquina, y que los resultados pueden variar a pesar de que sea una misma geometría, genera gran complejidad del proceso y una baja productividad.

Sistemas Expertos y Nuevas Tecnologías:

Un sistema experto es un software que emplea conocimiento humano capturado en una computadora para resolver problemas que normalmente requieran de expertos humanos. Los sistemas bien diseñados imitan el proceso de razonamiento que los expertos utilizan para resolver problemas específicos. Dichos sistemas pueden ser utilizados por no-expertos para mejorar sus habilidades en la resolución de problemas. Los SE también pueden ser utilizados como asistentes por expertos.

¹¹ D. Li, H. Zhou, P. Zhao y Y. Li, «A real-Time Process Optimization System for Injection Molding, State Key Laboratory of Mold and Die Technology, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan, Hubei 430074,» *People's Republic of China*, pp. 5-7, 2009.

¹² K. H. Tan y M. M. F. Yuen, «A Fuzzy Multiobjective Approach for Minimization of Injection Molding Defects.,» *Polymer Engineering & Science*, vol. 40, p. 2.5, 2006.

Además, estos sistemas pueden funcionar mejor que cualquier humano experto individualmente tomando decisiones en una específica y acotada área¹³. Existen tres tipos de sistemas, los cuales son:

- Basados en reglas: Estos sistemas expertos aplican reglas heurísticas junto con lógica difusa para su evaluación y aplicación.
- Basados en casos CBR (Case Based Reasoning): Son los sistemas que adaptan la solución de un problema similar al problema que está sucediendo.

Basados en redes: Son los sistemas expertos que aplican teorema de Bayes y redes Bayesianas basadas en estadística¹⁴.

- Prototipado rápido por Impresión 3D: Máquina de procesamiento de plásticos que a partir de un diseño en un sistema computacional de diseño es directamente fabricada capa a capa hasta producir la pieza en 3 dimensiones. Esta impresión es un proceso rápido debido a que no necesita de moldes, por lo cual se le dice que es un prototipado rápido.

Base de conocimiento: Es una evolución lógica de las bases de datos tradicionales para la gestión del conocimiento. Provee los medios para la recolección, organización y recuperación computarizada de conocimiento. Una base de conocimiento es un depósito de información creado gracias a una extensa investigación organizada en un árbol de conocimiento completo, donde las fuentes de información de entrada se obtienen de diversas fuentes que cambian todo el tiempo. Las bases de conocimiento cambian a medida del tiempo ya que el nuevo conocimiento va cambiando debido al nuevo conocimiento que va apareciendo por las investigaciones que se van realizando⁵. La realización de una base de conocimiento, se debe combinar con una herramienta de gestión de conocimientos la cual permita crear, administrar, compartir, utilizar y gestionar el conocimiento¹⁵. Por medio de la vigilancia tecnológica y el desarrollo de una ontología se obtendrá

⁵ D. López y C. Reyes, «SlideShare,» 22 septiembre 2011. [En línea]. Available:

https://es.slideshare.net/uni_fcys_sistemas/bases-de-conocimiento-vs-bases-de-datos. [Último acceso: 25 noviembre 2018].

¹³ S. Badaro, L. J. I. y M. J. Agüero, «Palermo,» 2013. [En línea]. Available:

https://www.palermo.edu/ingenieria/pdf2014/13/CyT_13_24.pdf. [Último acceso: 23 04 2019].

¹⁴ Ecured, «Ecured,» [En línea]. Available: https://www.ecured.cu/Sistemas_expertos#Tipos_de_sistemas_expertos. [Último acceso: 2019 febrero 7].

¹⁵ Atlassian, «Atlassian, » 2018. [En línea]. Available: <https://www.atlassian.com/it-unplugged/knowledge-management/what-is-a-knowledge-base>. [Último acceso: 24 04 2019].

la base de conocimiento, la cual estará compuesta de distintos artículos organizados dependiendo del tipo de sistema experto, tipo de material, entre otros.

Vigilancia tecnológica: La Vigilancia Tecnológica es un proceso organizado, selectivo y permanente, de captar información sobre ciencia y tecnología, para así seleccionarla, analizarla, difundirla y comunicarla, para convertirla en conocimiento para tomar decisiones con menor riesgo y poder anticiparse a los cambios¹⁶.

El desarrollo de la vigilancia tecnológica consta de las siguientes etapas:

1. Diagnóstico (estratégico): se identifican las necesidades de información y los factores claves a vigilar. Aquí se determinan los elementos que definen los ejes de la búsqueda¹⁷.
2. Búsqueda y captación (de la información): en esta etapa se definen los objetivos de la búsqueda de información y se elabora la estrategia para identificarla, buscarla y captarla. Esto implica precisar el tema y resumirlo en una frase o en conceptos concretos, de modo que se facilite la selección de palabras clave con las cuales se formulan los textos o ecuaciones de búsqueda. En esta fase también se identifican las fuentes de información (bases de datos, documentos, reportes, noticias, etc.) que se usan para obtener la información¹⁷.
3. Análisis: en esta fase se procesa la información obtenida de las fuentes ya establecidas. Labores que, por lo demás, requieren de la utilización de software especializado¹⁷.
4. Inteligencia (interpretación de los resultados): en esta etapa se da sentido, interpreta y genera valor agregado a la información procesada, mediante la identificación de aspectos como las tendencias tecnológicas o en el avance del conocimiento; los impactos tecnológicos, productivos y competitivos

¹⁶ U. Normalización Española, Gestión de la I+D+i: Sistema de vigilancia e inteligencia., Madrid, 2018.

¹⁷ M. Vargas Pérez y F. Malaver Rodríguez, Vigilancia tecnológica y competitividad sectorial: lecciones y resultados de cinco estudios, Bogotá: Colciencias, 2007.

derivados de la evolución de las tecnologías¹⁷.

5. Comunicación: en esta última etapa del ciclo se difunden los resultados de la información analizada y se formulan propuestas orientadas a fortalecer la toma de decisiones¹⁷.

Ontología: El concepto de ontología proviene de la filosofía y en los últimos años se está implementando en el campo de la informática que ayudan a definir vocabularios que las máquinas puedan entender y puedan diferenciar términos para referenciarlos de mejor manera. Las ontologías incluyen definiciones de conceptos básicos relacionados con un dominio, así como las relaciones entre ellos, de tal forma que los computadores pueden codificar el conocimiento y el conocimiento extendido, haciendo reutilizable el conocimiento. Las ontologías proponen las categorías y relaciones básicas del ser para definir las entidades y de qué tipo son. Estas entidades pueden ser los objetos, las personas, los conceptos, las ideas, las cosas, entre otras; en cierto modo reflexiona sobre las concepciones de la realidad y sobre cómo son definidas las entidades de la realidad¹⁸. El proceso del desarrollo de una ontología requiere:

- Definir las clases que forman el dominio
- Organizar las clases en una jerarquía taxonómica
- Definir las propiedades de cada clase e indicar las restricciones de sus valores
- Asignar valores a las propiedades para crear instancias

1.6.2. Marco conceptual

- Sistemas inteligentes: conjunto de herramientas que recopilan y extraen información obtenida de distintas fuentes con el fin de crear medios inteligentes y artificiales para diversos usos. La mayoría de veces se usan en la ayuda de toma de decisiones.¹⁹

¹⁷ M. Vargas Pérez y F. Malaver Rodríguez, Vigilancia tecnológica y competitividad sectorial: lecciones y resultados de cinco estudios, Bogotá: Colciencias, 2007.

¹⁸ S. Cantor y A. Efigenia, «Uso de ontologías y web semántica para apoyar la gestión del conocimiento,» Ciencia e Ingeniería Neogranadina, vol. 17, nº 2, pp. 111-129, 2007.

¹⁹ A. Cruz, «Academia,» [En línea]. Available:

http://www.academia.edu/10376257/Definiciones_de_sistemas_inteligentes_y_5_ejemplos_de_sistemas_inteligentes.

- Inteligencia artificial (Artificial Intelligence, o AI): Tipo de inteligencia que consiste en la simulación de procesos humanos por parte de máquinas, tales como, el aprendizaje, el razonamiento y la autocorrección. Las aplicaciones de la AI incluyen sistemas expertos, reconocimiento de voz y visión artificial.²⁰
- Prototipo: “Un prototipo es un modelo el cual podemos utilizar para generar y diseñar una actividad que nos permita crear un diseño rápido en la construcción de un software”.²¹
- Plataforma: “Es un sistema en donde se ejecutan varias aplicaciones bajo el mismo entorno, mediante el uso de internet”.²²
- Microinyección: Es un proceso, en donde se funden polímeros, termoestables o termoplásticos, en donde estos se funden lo suficiente para inyectarlos a presión en los moldes y así solidificar micro piezas de plástico.²³
- Base de conocimiento: Tipo de base de datos especializado en la gestión del conocimiento, ayudando en la recolección, organización y recuperación computarizada de conocimiento, siendo así un depósito de información creado gracias a una extensa investigación organizado.⁵
- Vigilancia tecnológica: Se enfoca en captar, analizar y difundir información de diversos temas de interés, con el fin de identificar oportunidades y amenazas provenientes del entorno de investigación.¹⁶
- Lógica difusa: La lógica difusa simula procedimientos cognitivos de los humanos por medio de marcos matemáticos que modelan la incertidumbre de estos procesos de forma que puedan ser tratados por un computador.²⁴

⁵D. López y C. Reyes, «SlideShare,» 22 septiembre 2011. [En línea]. Available: https://es.slideshare.net/uni_fcys_sistemas/bases-de-conocimiento-vs-bases-de-datos. [Último acceso: 25 Noviembre 2018].

¹⁶U. NormalizaciónEspañola, Gestión de la I+D+i: Sistema de vigilancia e inteligencia., Madrid, 2018.

²⁰M. Rouse, «Search Data Center, » Abril 2017. [En línea]. Available: <https://searchdatacenter.techtarget.com/es/definicion/Inteligencia-artificial-o-AI>.

²¹Weebly, «INGENIERIA DE SOFTWARE,» [En línea]. Available: <https://ingsoftware.weebly.com/ciclo-de-vida-de-un-prototipo.html>.

²²J. Pérez Porto y A. Gardey, «Definicion.DE,» 2015. [En línea]. Available: <https://definicion.de/plataforma-virtual/>.

²³ProtoLabs, «ProtoLabs,» [En línea]. Available: <https://www.protolabs.es/servicios/moldeo-por-inyeccion/>. [Último acceso: 7 febrero 2019].

²⁴C. G. Morcillo, «Uclm,» 2015. [En línea]. Available: https://www.esi.uclm.es/www/cglez/downloads/docencia/2011_Softcomputing/LogicaDifusa.pdf. [Último acceso: 23 04 2019].

- Ontología: Define los términos utilizados para describir y representar un área de conocimiento, son aplicadas por los usuarios, las bases de datos y las herramientas que necesitan compartir información específica, es decir, en un campo determinado.²⁵
- Redes neuronales: Es un sistema de procesamiento de información inspirado en las redes neuronales biológicas. Sus elementos simples de procesamiento son los nodos o neuronas que están organizados en capas, cada nodo o neurona está conectada con otra por medio de enlaces de comunicación, cada uno tiene un peso, estos representan la información que será usada por la red neuronal para resolver un problema determinado.²⁶
- CAD o diseño asistido por ordenador: “Consiste en el uso de programas de ordenador para crear, modificar, analizar y documentar representaciones gráficas bidimensionales o tridimensionales (2D o 3D) de objetos físicos como una alternativa a los borradores manuales y a los prototipos de producto. El CAD se utiliza mucho en los efectos especiales en los medios y en la animación por ordenador, así como en el diseño industrial y de productos”.²⁷
- CAE o ingeniería asistida por ordenador: “Consiste en el uso de software para simular el rendimiento con el objetivo de mejorar los diseños de los productos o de contribuir a la resolución de problemas de ingeniería para sectores muy diversos. Incluye la simulación, la validación y la optimización de productos, procesos y herramientas de fabricación”.²⁸
- Impresión 3D o manufactura por adición: Proceso de creación de objetos físicos por medio de un material por capas en base a un modelo digital.²⁹
- Técnicas heurísticas: Técnica práctica o informal que ayuda en la resolución de problemas, por medio de un conjunto de reglas metodológicas no

²⁵ R. M. Colomb, «The physical being of institutional facts, » de Technical Report, Padova, 2002.

²⁶ P. Pol y M. Moreno, «¿Qué son las redes neuronales artificiales? Aplicaciones realizadas en el ámbito de las adicciones,» Adicciones, vol. 11, nº 3, pp. 243-255, 1999.

²⁷ S. PLM, «Siemens,» [En línea]. Available: <https://www.plm.automation.siemens.com/global/es/our-story/glossary/computer-aided-design-cad/12507>. [Último acceso: 24 04 2019].

²⁸ S. PLM, «Siemens,» [En línea]. Available: <https://www.plm.automation.siemens.com/global/es/our-story/glossary/computer-aided-engineering-cae/13112>. [Último acceso: 24 04 2019].

²⁹ Autodesk, «Autodesk,» 2019. [En línea]. Available: <https://latinoamerica.autodesk.com/solutions/3d-printing>.

necesariamente formalizadas, positivas y negativas, que indican cómo proceder en la solución de problemas. Algunas de estas técnicas son:³⁰

- Búsqueda local.
- Métodos que usan soluciones parciales.
- El branch and bound.
- Hillclimbing
- Recocido Simulado
- Iteración básica
- Vecindario de un estado
- Búsqueda Tabú
- Conceptos Básicos de Búsqueda Tabú
- Escalando la colina
- Algoritmos Genéticos
- Crossover

1.7. ESTADO DEL ARTE

Actualmente, el uso de la inteligencia artificial para dar soluciones a los problemas de las actividades humanas va en aumentando progresivamente. Al crear el diseño de un sistema inteligente para la microfabricación de plásticos basado en técnicas de Inteligencia Artificial hay que conocer cuáles de estas técnicas se han implementado en la mejora de este proceso.

Chen M, 2006, aplica la teoría difusa en el diseño de moldeo por inyección, estableciendo reglas de inferencia difusas en el proceso de la experiencia de los expertos, para ajustar los parámetros de moldeo, que también se usaron para controlar la posición de la línea de soldadura en el moldeo por inyección. Los resultados al aplicar esta teoría fueron favorables debido a que disminuyen el tiempo de simulación, acelerando el proceso de inyección, también mostro que favorece el control de la línea de soldadura.³⁰

Chiang, K-T y Chang, 2006, afirman que, a través de la lógica difusa, el análisis relacional gris y la matriz ortogonal, se puede optimizar los parámetros de mecanizado, es decir, la temperatura del molde, la temperatura de fusión, la presión de llenado y el tiempo de llenado teniendo en cuenta el rendimiento, la resistencia de la línea de soldadura, la contracción y la diferencia de la temperatura distributiva de formación. ⁸

⁸K.-T. Chiang y F.-P. Chang, «Application of grey-fuzzy logic on the optimal process de-sign of an injection molded part with a thin shell feature, » International Communications in Heat and Mass Transfer, vol. 33, pp. 94-101, 2008.

³⁰M.-Y. Chen, H.-W. Tzeng, Y.-C. Chen y S.-C. Chen, «The application of fuzzy theory for the control of weld line positions in injection-molded part, » ISA Transactions, p. 119–126, 2008.

Actualmente la empresa Array Plastics y el centro tecnológico Eurecat están desarrollando el proyecto Sentinel, el cual consiste en crear una herramienta de monitorización que mejore la supervisión del proceso de inyección de plásticos y la calidad del plástico resultante, optimizando el rendimiento productivo de la fabricación, empleando técnicas de inteligencia artificial, aprendizaje automático, Big Data y técnicas avanzadas de análisis de datos.³¹

Así mismo S. L Mok y C.K. Kwong hacen uso de las redes neuronales y la lógica difusa en un sistema baso en casos para la configuración inicial del moldeo por inyección, debido a que en este proceso es necesario la experiencia del operario capacitado para saber que todo está correctamente. Los resultados obtenidos al implementar estos sistemas inteligentes fueron que se pueden obtener piezas plásticas en buena calidad sin depender del personal de moldeo, también se determinaron los medidores del proceso inicial para el moldeo más rápido.²³

Todo esto conlleva a que la microinyección de plásticos va más allá de hacer piezas de plástico e implica siempre contar con expertos debido a que son ellos quienes garantizan que el producto final sea fiable y de calidad.

1.8. METODOLOGÍA VIGILANCIA TECNOLÓGICA Y CASCADA

Para el desarrollo del proyecto se escogieron las metodologías vigilancia tecnológica y cascada.

La vigilancia tecnológica se define como el proceso de búsqueda, obtención, análisis y empleo de la información sobre desarrollos y tendencias en el ámbito científico y tecnológico¹⁷ la cual permite observar los cambios en el entorno tecnológico y el impacto que tiene en la industria, consta de cinco etapas:

1. Diagnóstico (estratégico): como resultado de los ejercicios adelantados en esta fase, se identifican las necesidades de información y los factores claves a vigilar. Aquí se determinan los elementos que definen los ejes de la búsqueda.¹⁷En esta primera fase se identificará todos los sistemas inteligentes que se han utilizado en el proceso de microfabricación de plásticos junto con las tecnologías más fundamentales.

¹⁷ M. Vargas Pérez y F. Malaver Rodríguez, Vigilancia tecnológica y competitividad sectorial: lecciones y resultados de cinco estudios, Bogotá: Colciencias, 2007.

²³ ProtoLabs, «ProtoLabs,» [En línea]. Available: <https://www.protolabs.es/servicios/moldeo-por-inyeccion/>. [Último acceso: 7 febrero 2019].

³¹ A. Plastics, «Interempresas,» 3 Julio 2018. [En línea]. Available: <https://www.interempresas.net/Plastico/Articulos/220359-Inteligencia-artificial-aplicada-a-la-inyeccion-de-plastico.html>.

2. Búsqueda y captación (de la información): en esta etapa se definen los objetivos de la búsqueda de información y se elabora la estrategia para identificarla, buscarla y captarla. Esto implica precisar el tema y resumirlo en una frase o en conceptos concretos, de modo que se facilite la selección de palabras clave con las cuales se formulan los textos o ecuaciones de búsqueda. En esta fase también se identifican las fuentes de información (bases de datos, documentos, reportes, noticias, etc.) que se usan para obtener la información.¹⁷ Se identificará las palabras claves y fuentes de información asociadas a los sistemas inteligentes que se han usado en el proceso de microfabricación de plásticos junto con su respectiva validación.
3. Análisis: en esta fase se procesa la información obtenida de las fuentes ya establecidas. Labores que, por lo demás, requieren de la utilización de software especializado.¹⁷ Se seleccionará e implementará el software que se va a usar en la vigilancia tecnológica para así poder procesar toda la información que se obtuvo en la fase anterior acerca del proceso de estudio.
4. Inteligencia (interpretación de los resultados): en esta etapa se da sentido, interpreta y genera valor agregado a la información procesada, mediante la identificación de aspectos como las tendencias tecnológicas o en el avance del conocimiento; los direccionadores de dichos cambios y tendencias; los impactos tecnológicos, productivos y competitivos derivados de la evolución de las tecnologías.¹⁷ Se analizarán los resultados arrojados del software que se usó en la vigilancia tecnológica con el fin de identificar aspectos como impactos, cambios y tendencias de los sistemas inteligentes en el proceso de fabricación de piezas y micropiezas de plástico.
5. Comunicación: en esta última etapa del ciclo se difunden los resultados de la información analizada y se formulan propuestas orientadas a fortalecer la toma de decisiones y la definición de estrategias a seguir para mejorar la situación problemática.¹⁷ Al obtener los resultados obtenidos de la vigilancia tecnológica acerca de los sistemas inteligentes que se han usado en la microfabricación de plásticos, estos se implementarán en una base de conocimiento, la cual será el medio de comunicación de la información obtenida.

¹⁷ M. Vargas Pérez y F. Malaver Rodríguez, Vigilancia tecnológica y competitividad sectorial: lecciones y resultados de cinco estudios, Bogotá: Colciencias, 2007.

Por otra parte, la metodología Cascada se implementa por el ordenamiento de las etapas del ciclo de vida del software, donde lo principal es definir y continuar el progreso del desarrollo de software hacia un proceso continuo de codificación y reparación.³² Figura 1.

Sus características principales son:

- Es lineal
- Las actividades están relacionadas secuencialmente.
- Cada etapa tiene una entrada y una salida.
- Es rígido y sistemático: La entrada de una actividad es la salida de la etapa anterior, por lo cual no se puede dar inicio a la siguiente fase.
- Única fecha de entrega.
- La implementación se pospone hasta que no se comprendan los objetivos.
- Los documentos para entregar rigen el proceso de software debido a que el inicio de cada etapa debe esperar la finalización de la anterior³²

El modelo de cascada cuenta con las siguientes fases: análisis y especificación de requerimientos, diseño, codificación, integración y pruebas, liberación y mantenimiento.

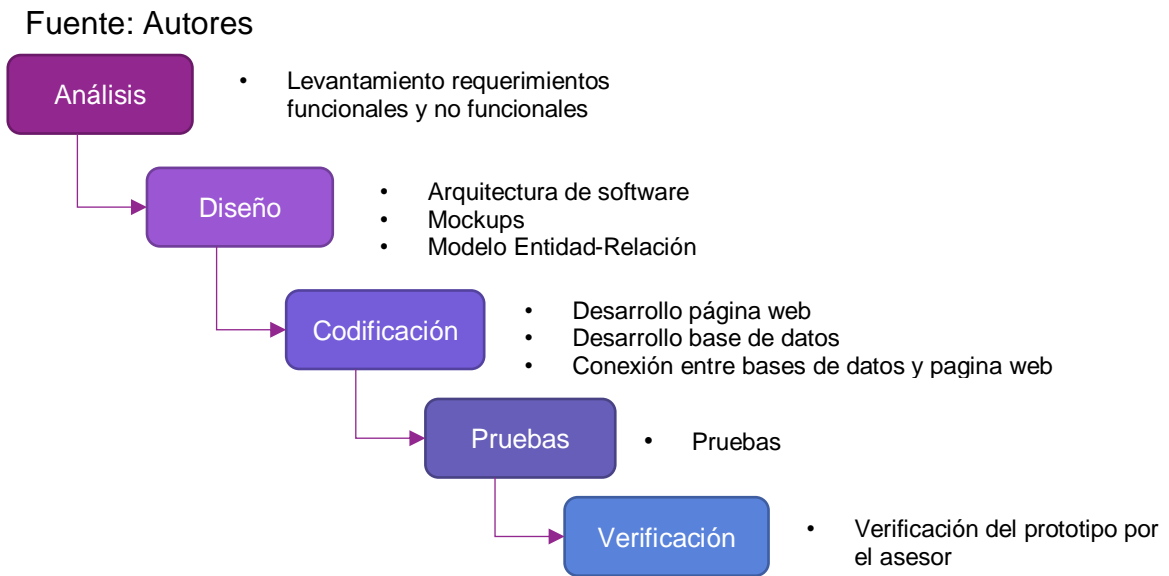
- Análisis de los requisitos: Se centra e intensifica especialmente en el software. Se debe comprender la información del software, así como la función, el rendimiento y las interfaces requeridas.³² En esta fase se hará el levantamiento de requerimientos del prototipo base de conocimiento.
- Diseño: el diseño del software se enfoca en cuatro atributos distintos del programa; la estructura de los datos, la arquitectura del software, el detalle procedimental y la caracterización de la interfaz. El proceso de diseño traduce los requisitos en una representación del software con la calidad requerida antes de que comience la codificación.³² Se realizará el diseño de la arquitectura del software en donde se diseñarán los mockups de cómo va a quedar la interfaz gráfica del prototipo junto con el modelo entidad relación.
- Codificación: el diseño debe traducirse en una forma legible para la máquina. El paso de codificación realiza esta tarea. Si el diseño se realiza de una manera detallada la codificación puede realizarse mecánicamente.³² La codificación se llevará a cabo mediante MySQL en donde se realizará la implementación de la base de conocimientos a partir del diseño realizado anteriormente junto con las especificaciones que se han establecido en el levantamiento de requerimientos y los resultados arrojados de la vigilancia tecnológica, también se realizara la comunicación entre la interfaz gráfica y

³² E. C. Systems, «Systems, Eas Change,» [En línea]. Available: <https://easchangesystems.com/application/plastic-injection-molding/>. [Último acceso: 18 Febrero 2019].

la base de conocimiento por medio de Java.

- Prueba: una vez que se ha generado el código comienza la prueba del programa. La prueba se centra en la lógica interna del software, y en las funciones externas, realizando pruebas que aseguren que la entrada definida produce los resultados que realmente se requieren.³² Se realizarán todas las pruebas necesarias para que el prototipo de base de conocimiento funcione correctamente.
- Verificación: Es la fase en donde el usuario final ejecuta el sistema, para ello el o los programadores ya realizaron exhaustivas pruebas para comprobar que el sistema no falle. ³² Después de realizar todas las pruebas necesarias del software y que su comportamiento sea el adecuado se verificará por medio del asesor de tesis para así tener un software correcto.

Figura 1: Ciclo de vida de la metodología cascada



³² E. C. Systems, «Systems, Eas Change,» [En línea]. Available: <https://easchangesystems.com/application/plastic-injection-molding/>. [Último acceso: 18 Febrero 2019].

2. TENDENCIAS TECNOLÓGICAS EN LA APLICACIÓN DE SISTEMAS INTELIGENTES PARA OPTIMIZAR LOS PROCESOS DE INYECCIÓN DE PLÁSTICO

2.1. INTRODUCCIÓN VIGILANCIA TECNOLÓGICA

Actualmente, la vigilancia tecnológica ha sido una gran herramienta de ayuda en el análisis del entorno y conocer el estado de estudios y avances en temas de interés con el fin de identificar las nuevas tendencias tecnológicas de forma que apoyen la toma de decisiones.

En este capítulo se aplica la metodología de vigilancia tecnológica para identificar las tendencias tecnológicas que se han desarrollado en la aplicación de sistemas inteligentes en el proceso de inyección de plástico. Está basado en la recolección de información, principalmente de artículos, utilizando herramientas de software como VantagePoint y bases de datos especializadas en el tema de estudio.

La metodología aplicada permite que los resultados obtenidos de información, profundice en temas de interés.

Adicionalmente, el análisis de los resultados permite proponer lineamientos o directrices sobre los cuales es posible aprovechar al máximo la información recolectada. Este análisis, genera un valor agregado al desarrollo del proyecto “DISEÑO DE SISTEMA INTELIGENTE PARA LA MICROFABRICACIÓN DE PLÁSTICOS”, convirtiéndolo fundamental cuando se requiera tomar decisiones y estrategias en el proyecto, basadas en el estudio realizado

2.2. OBJETIVOS DE LA VIGILANCIA TECNOLÓGICA

Identificar los sistemas expertos que se han usado en la optimización del proceso de inyección de plástico.

Determinar que mejoras se producen con la implementación de los sistemas expertos en la inyección de plástico.

2.3. BÚSQUEDA DE INFORMACIÓN

2.3.1. IDENTIFICACIÓN DE PALABRAS CLAVE ASOCIADAS AL TEMA A VIGILAR

Las palabras clave identificadas para la realización de la vigilancia tecnológica y que se usaron en la base de datos seleccionada son expert system y injection of plastics process. Estas palabras claves son los términos más relevantes para reducir la búsqueda y evitar información irrelevante o que distorsionara los resultados encontrados. La selección se hizo mediante un análisis de artículos en donde se sacaban los sistemas expertos que se han usado en la inyección de plástico, de forma que los resultados generados estuvieran acordes con la búsqueda de información requerida.

2.3.2. IDENTIFICACIÓN Y SELECCIÓN DE LAS FUENTES DE INFORMACIÓN RELEVANTES

A partir del tema del que se va a trabajar y los objetivos planteados para realizar la vigilancia, las bases de datos de artículos seleccionadas y consultadas en este proceso fueron Web of Science, EBSCOHost, ScienceDirect y ProQuest tomando información a partir del 2014.

2.3.3. FORMULACIÓN DE LA ECUACIÓN DE BÚSQUEDA

Al ya tener escogida la base de datos se procedió a la realización de la siguiente ecuación de búsqueda:

("expert system" AND "optimization injection of plastics process")

Interpretación: buscar los artículos que contengan las siguientes palabras en la base de datos "expert system" y el proceso de "optimization injection of plastics process".

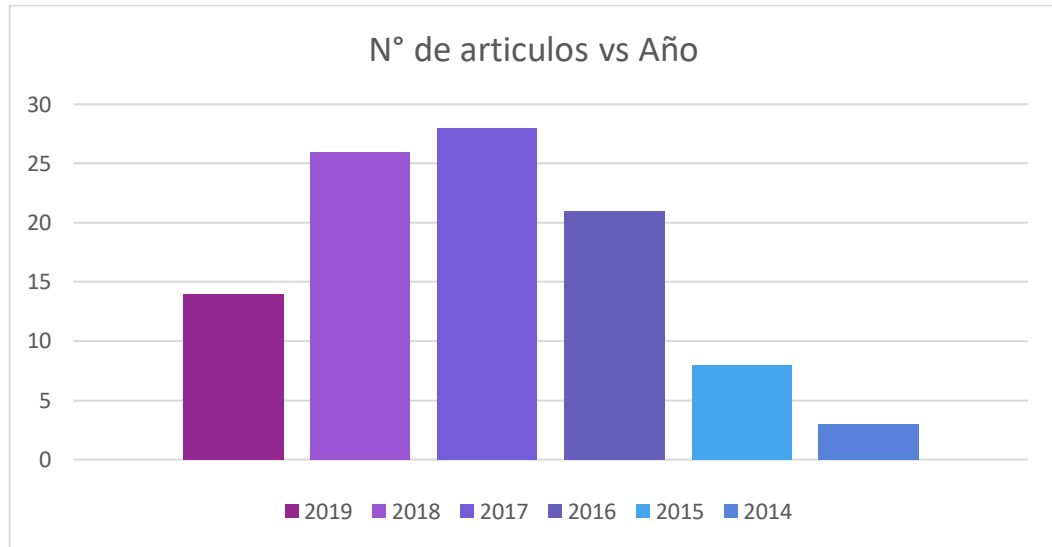
Con esta búsqueda aparecieron los artículos que contienen las anteriores palabras en todo el texto para ser incluidos en este estudio, los cuales fueron seleccionados considerando que pueden generar información de interés para el mismo.

A partir de esta información se creó el prototipo de base de conocimiento.

2.4. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Al realizar todo el proceso de búsqueda por medio de la vigilancia tecnológica en la base de datos, se analizó los resultados encontrados de artículos y fue posible observar que en el período 2014-2019, la implementación de sistemas inteligentes en el proceso de inyección de plástico ha tenido un incremento a partir del año 2014, en donde el 2017 representa el año con mayor realización de artículos relacionados al tema, además en lo recorrido del año 2019 hay un buen índice de publicaciones que va en aumento, Figura 2.

Figura 2: Numero de artículos por año (2014-2019)



Fuente: Autores.

En la Figura 3 se observan las palabras claves de los artículos seleccionados, en donde se puede concluir que los sistemas inteligentes que se han usado en la optimización del proceso de inyección de plástico son CAD, CAE, redes neuronales, lógica difusa, impresión 3D, aprendizaje automático y el algoritmo genético que pertenece a las técnicas heurísticas.

Figura 3: Diagrama de palabras claves de los artículos



Fuente: VantagePoint

3. ATRIBUTOS DE DESARROLLO DE UNA BASE DE CONOCIMIENTO

3.1. INTRODUCCIÓN DE LA ONTOLOGÍA

El presente capítulo detalla cómo se realizó la clasificación de los artículos del prototipo de base de conocimiento por medio del desarrollo de una ontología, la cual ayuda a alcanzar mayor precisión en la definición de las relaciones entre los términos del proceso de inyección de plástico, recuperando para ello su lista de categorías y sus relaciones para así recopilar la información, haciendo uso de tecnologías de la web semántica para mejorar la consulta de información precisa, los resultados presentados en el actual documento hará uso del desarrollo de la ontología hasta su segunda fase de clasificación por categorías .

3.2. ONTOLOGIA

3.2.1. FASE 1

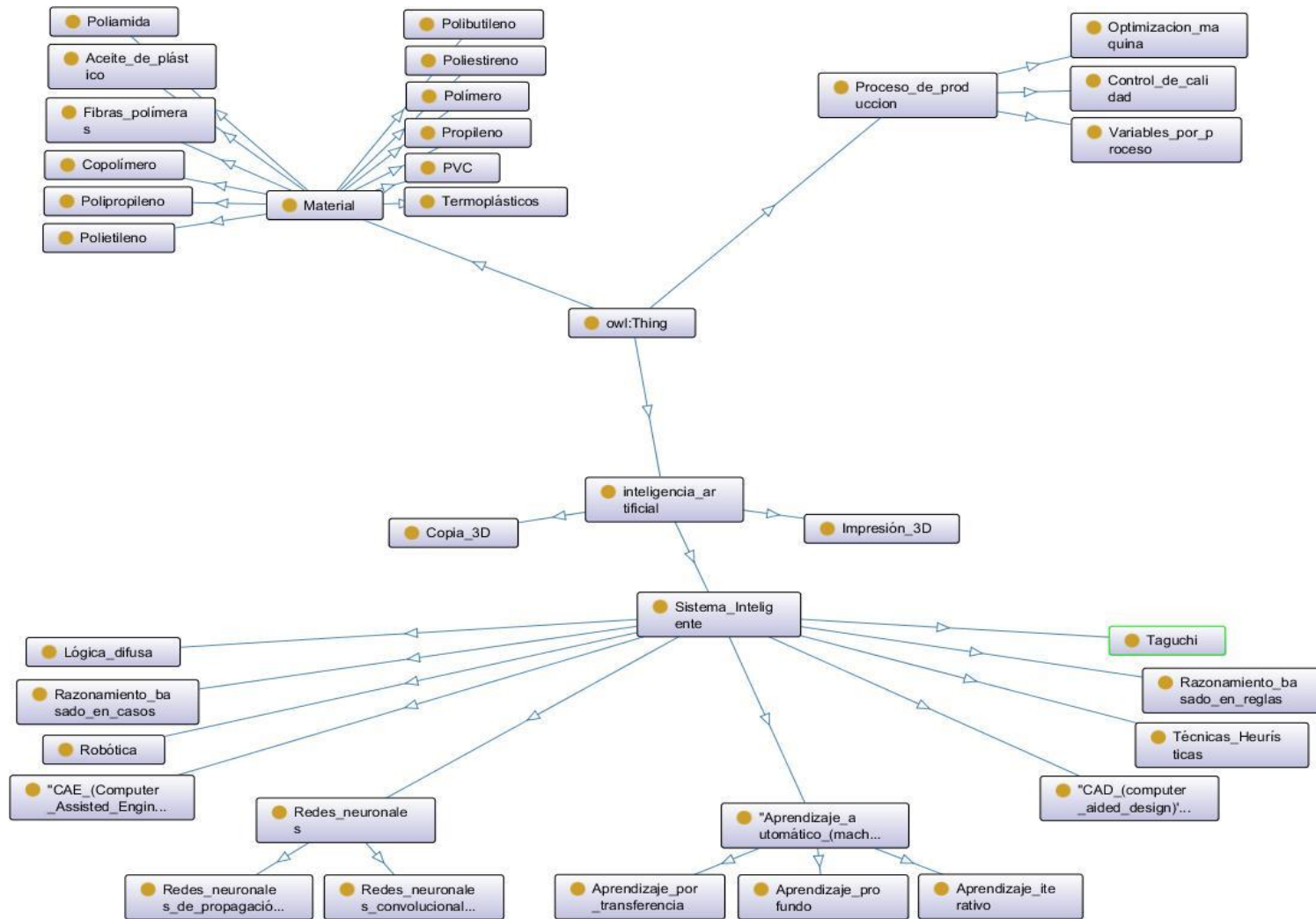
En esta fase se debe determinar el dominio y cobertura de la ontología respondiendo a las preguntas:

- ¿Qué dominio cubrirá la ontología?
La ontología debería incluir los diferentes sistemas expertos aplicados a la optimización de los procesos de inyección de plástico
- ¿Para qué usaremos la ontología?
Desarrollar una base de conocimiento capaz de mostrar la información clasificada del dominio
- ¿Quién usará y mantendrá la ontología?
La ontología podría ser reusada en otras aplicaciones relacionadas y para el desarrollo del prototipo de base de conocimiento

3.2.2. FASE 2

A partir de la identificación de los términos de clasificación de los artículos, se realiza el diagrama de clasificación por clases utilizando el software Protege, Figura 4.

Figura 4: Diagrama de clasificación de clases.



Fuente: Autores.

Este diagrama Figura 4 consiste en la definición de los conceptos de los términos representativos del tema de dominio junto con sus subconceptos. Los conceptos que se definieron sobre la base de conocimientos acerca del proceso de inyección de plásticos fueron los clasificadores de los artículos, es decir, por medio de estos conceptos los artículos se encontraran organizados en esta base. Los conceptos y subconceptos que se observa en el diagrama son:

Procesos de producción

- Variables por proceso
- Optimización por maquina
- Control de calidad

Inteligencia artificial

- Copia 3D
- Impresión 3D
- Sistema inteligente
 - Aprendizaje automático (maching learning)
 - Aprendizaje profundo
 - Aprendizaje interactivo
 - Aprendizaje por transferencia
 - Redes neuronales
 - Redes neuronales de propagación hacia atrás
 - Redes neuronales convolucionales
 - Técnicas Heurísticas
 - Taguchi
 - Lógica difusa
 - Razonamiento basado en casos
 - Razonamiento basado en reglas
 - Robótica
 - CAD (computer aided design)
 - CAE (Computer Assisted Engineering)

Material

- Aceite de plástico
- Copolimero
- Fibras polimeras
- Poliamida
- Polibutileno
- Poliestireno
- Polietileno
- Polipropileno
- Polímero
- Propileno
- PVC
- Termoplásticos

Los anteriores conceptos y subconceptos son los clasificadores de los artículos que se encontraron por medio de la ecuación de búsqueda de la vigilancia tecnológica.

4. DESARROLLO DE PROTOTIPO DE BASE DE CONOCIMIENTO

4.1. METODOLOGÍA CASCADA

Al tener los resultados obtenidos mediante la vigilancia tecnológica y la forma de clasificación gracias a la ontología, se procedió a finalizar la última etapa de la VT, comunicación, la cual consiste en divulgar lo obtenido de esta, por medio del desarrollo de un prototipo de base de conocimiento de los sistemas inteligentes que se implementaron en el proceso de inyección de plásticos, en donde la elaboración del software, se basó en la metodología cascada, dividiendo el trabajo en diferentes etapas (análisis, diseño, codificación, pruebas y verificación) correspondientes al ciclo de vida, de forma que el proyecto se maneje secuencial desde el inicio hasta el fin.

4.2. CICLO DE VIDA METODOLOGÍA CASCADA

4.2.1. ANALISIS

En esta etapa se realizó el levantamiento de requerimientos los cuales describen la funcionalidad y usos de la base de conocimiento.

Figura 5: Requerimiento funcional 1

IDENTIFICADOR: NOMBRE: R1 Navegar por Clasificación		
Tipo: (NECESARIO/DESEABLE) Necesario	REQUERIMIENTO QUE LO UTILIZA O ESPECIALIZA: R2	¿CRÍTICO? Si
PRIORIDAD DE DESARROLLO: Alta	DOCUMENTOS DE VISUALIZACIÓN ASOCIADOS:	
ENTRADA: N/A	SALIDA: Visualización de la clasificación de los artículos	

<p>DESCRIPCIÓN: Precondición: Se debe disponer de una clasificación previa. Descripción: Se mostrará un menú de clasificación de los artículos. Postcondición: Se realizará la navegación por tipo de clasificación.</p>
<p>MANEJO DE SITUACIONES ANORMALES N/A</p>
<p>CRITERIOS DE ACEPTACIÓN Los datos mostrados en el momento de la visualización son correctos y establecidos para llevar a cabo la correcta navegación en el sistema</p>

Fuente: autores.

Figura 6: Requerimiento funcional 2.

<p>IDENTIFICADOR: NOMBRE: R2 Consultar articulo</p>		
<p>Tipo: (NECESARIO/DESEABLE) Necesario</p>	<p>REQUERIMIENTO QUE LO UTILIZA O ESPECIALIZA:</p>	<p>¿CRÍTICO? Si</p>
<p>PRIORIDAD DE DESARROLLO: Alta</p>	<p>DOCUMENTOS DE VISUALIZACIÓN ASOCIADOS:</p>	
<p>ENTRADA: N/A</p>	<p>SALIDA:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nombre • Abstract • Palabras clave • URL • Año 	

<p>DESCRIPCIÓN: Precondición: Se debe seleccionar la clasificación del artículo. Descripción: Se mostrarán los artículos relacionados a la clasificación seleccionada. Postcondición: Se muestra la información de los artículos que perteneces a la clasificación seleccionada.</p>
<p>MANEJO DE SITUACIONES ANORMALES N/A</p>
<p>CRITERIOS DE ACEPTACIÓN Los artículos mostrados concuerdan con la clasificación seleccionada.</p>

Fuente: Autores

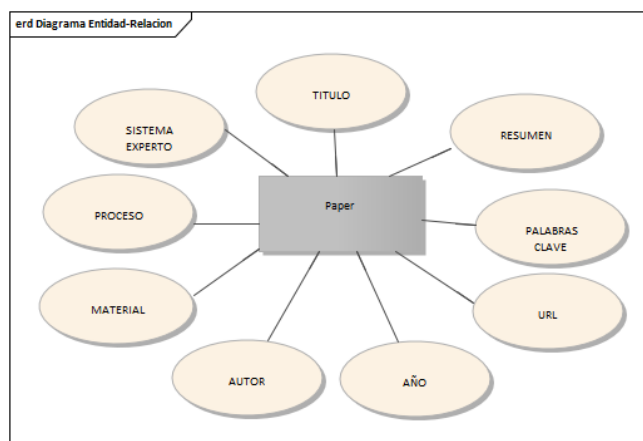
4.2.2. DISEÑO

Para el diseño del software se implementó la arquitectura 4+1; esté enfoque usa cinco vistas: punto de vista de lógica, punto de vista procesos, punto de vista física, punto de vista de escenarios, punto de vista de despliegue.

4.2.2.1. ARQUITECTURA 4+1

PUNTO DE VISTA LOGICA

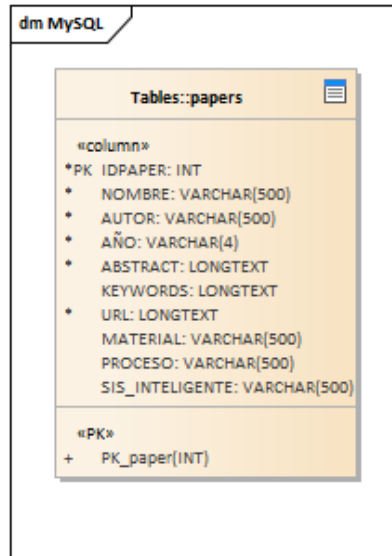
Figura 7: Diagrama entidad relación.



Fuente: Autores.

En el diagrama anterior se observan la entidad con la que va a contar la base de conocimiento, la cual muestra los atributos de cada artículo.

Figura 8: Modelo de base de datos MySQL



Fuente: Autores.

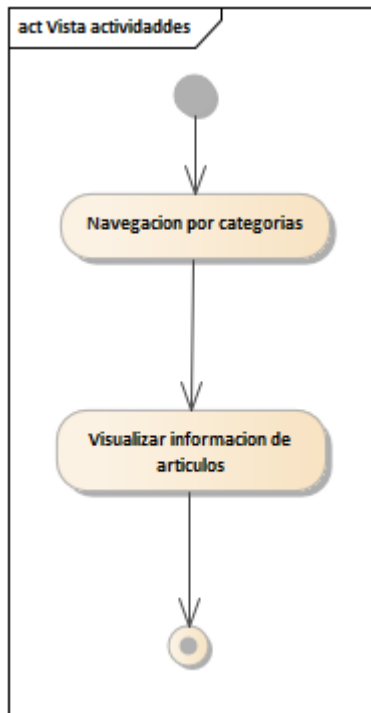
Este diagrama muestra cómo están conformada la tabla papers en la base de datos junto con sus campos.

La tabla papers cuenta con diez campos: IDPAPER, NOMBRE, AUTOR, AÑO, ABSTRACT, KEYWORDS, URL, MATERIAL, PROCESO Y SIS_INTELIGENTE

PUNTO DE VISTA DE PROCESOS

El diagrama de actividades describe como es el proceso de navegación en el sistema

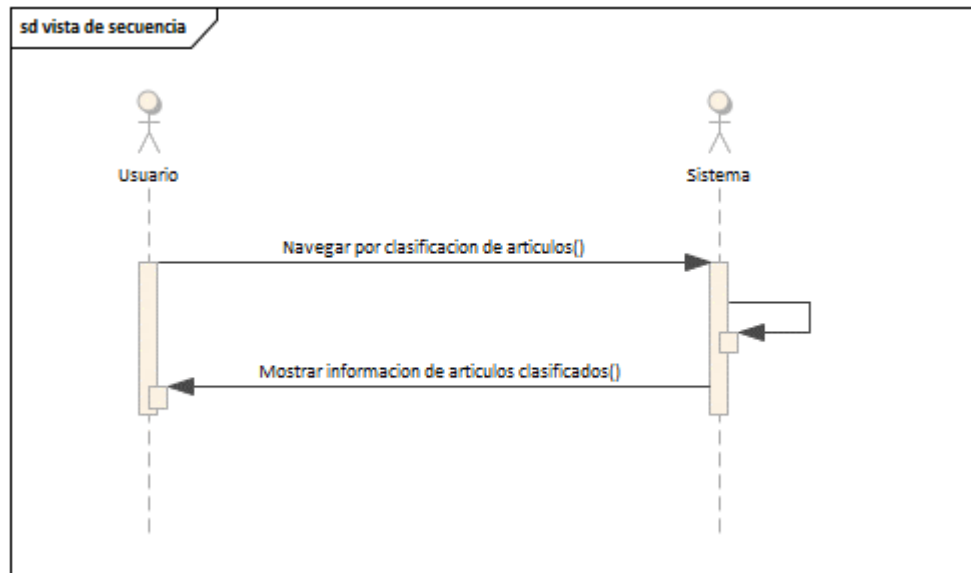
Figura 9: Diagrama de actividades.



Fuente: Autores.

PUNTO DE VISTA FISICA

Figura 10: Diagrama de secuencia.



Fuente: Autores

El diagrama de secuencia muestra como el usuario navega en el menú de navegación por tipo de clasificación y así el sistema va mostrando la información de los diferentes artículos que pertenecen al clasificador seleccionado.

PUNTO DE VISTA DE ESCENARIOS

Figura 11: Diagrama casos de usos.



Fuente: Autores.

El anterior diagrama representa la forma en como el actor (Cliente) se comporta en prototipo de base de conocimiento.

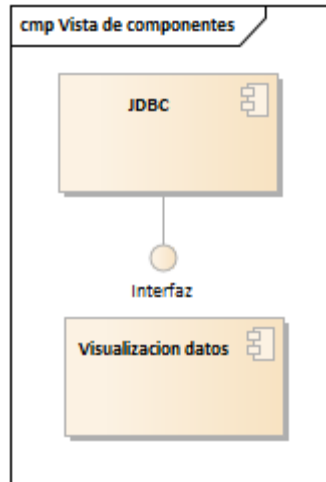
Figura 12: Caso de uso “Consultar Artículos”

Código	CS-0100
Nombre	Consultar Artículos
Actores	Usuario
Descripción	En el caso de uso de “Consultar Artículo”, el usuario primero debe navegar y seleccionar la clasificación deseada de los artículos (“Navegar Clasificación”) y seleccionar la clasificación deseada para que el sistema le muestre todos los artículos con su determinada información referente a cada uno de ellos.
Precondición	N/A
Postcondición	Se obtiene por pantalla la información referente al artículo (Nombre, Abstrac, palabras claves, URL y año)

Fuente: Autores.

PUNTO DE VISTA DE DESPLIEGUE

Figura 13: Diagrama de componentes



Fuente: Autores

El componente de visualización datos debe estar relacionado por el componente JDBC para que exista una conexión con la base de datos y se puedan realizar las consultas sobre los artículos que se encuentran en ella para que el cliente pueda visualizar en una interfaz gráfica la información de los diferentes artículos.

4.2.2.2. DISEÑO DE INTERFAZ GRAFICA

MOCKUP

Las siguientes imágenes muestran el diseño de la interfaz gráfica de la base conocimiento en donde el usuario podrá navegar por el menú de clasificación y seleccionar los artículos que esta contenga.

Figura 14: Mockup del inicio

The image shows a web browser window displaying a web application. The browser's address bar shows the URL `localhost:8080/prototipobaseconocimiento/index.jsp`. The page has a sidebar on the left with a menu. The main content area features a title, a brief description of the process, a list of phases, and a detailed diagram of the injection molding process.

Prototipo

← → ↻ 📄 localhost:8080/prototipobaseconocimiento/index.jsp

INICIO

AÑO PUBLICACION

- 2014
- 2015
- 2016
- 2017
- 2018
- 2019

MATERIAL

- Acetato de Plástico
- Copolimero
- Fibras Polímeras
- Poliamida
- Polibutileno

PROTOTIPO DE BASE DE CONOCIMIENTO DE SISTEMAS INTELIGENTES APLICADOS EL PROCESO DE INYECCION DE PIEZAS Y MICROPIEZAS DE PLASTICO

Aqui encontrará los artículos de los últimos cinco años de los sistemas inteligentes aplicados al proceso de inyección de plásticos el cual es un proceso que emplea técnicas de miniaturización para la fabricación de micropiezas.

Este proceso cuenta con tres fases:

- Diseño geométrico de las micropiezas y moldes
- Fabricación de los moldes
- Fabricación de micropiezas por microinyección

The diagram illustrates the injection molding process in three stages:

- liquefaction (mold empty):** Plastic pellets are fed into a hopper, then into a barrel heated by heaters and thermocouples. The plastic melts into a liquid state.
- injection (mold filled):** The molten plastic is injected into a mold cavity by an injection nozzle.
- ejection (mold opened):** The mold opens, and the solidified plastic piece is ejected by an automatic ejector pin.

Fuente:Autores.

Figura 15: Mockup de los artículos pertenecientes a una clasificación

2014

localhost:8080/prototipobaseconocimiento/2014.jsp

2018

2019

MATERIAL

Aceite de Plástico

Copolímero

Fibras Polímeras

Poliamida

Polibutileno

Poliestireno

Polietileno

Polímero

Polipropileno

Propileno

PVC

Termoplásticos

LISTA DE ARTICULOS (3) ARTICULOS ENCONTRADOS

Nombre	Autor	Año	Resumen	Palabras clave	URL
Applying ant colony system algorithm in the navigation process for plastic injection mould manufacturing scheduling optimisation.	Jong, Wen-Ren Lai, Po-Jung Lo, Chien-Wen	2014	Under the computer-aided design (CAD) software architecture, this study aims to develop navigation processes for plastic injection mould manufacturing scheduling optimisation. Mould manufacturing is a job-shop scheduling problem, with components processing sequence under limited conditions. This study uses the search capabilities of the ant colony system (ACS) to determine a set of optimal schedules, under the condition of not violating the processing sequences, in order to minimise the total processing time and realise makespan minimisation. As the test results suggest, it can save up to 52% of manufacturing time, and also substantially shorten the processing time of the production plan. This study completes the algorithm steps and manufacturing process time estimation by operations on the navigation interface, and uses mould manufacturing scheduling to make optimised arrangements of finished components. The method can comply with the on-site manufacturing processes, improve scheduling prediction accuracy and consistently and efficiently integrate the optimisation scheduling system and mould manufacturing system. Visualised information of the scheduling results can be provided, thus allowing production management personnel to ensure smooth scheduling.	ANT algorithms; BILL of materials; DATA extraction; ELECTRIC metal-cutting; GANTT charts; GENETIC algorithms; INDUSTRIAL efficiency; INJECTION molding of plastics; PRODUCTION planning; PRODUCTION scheduling; SIMULATED annealing; TRAVELING salesman problem; ant colony system; makespan; mould manufacturing; navigation processes; optimisation	https://cutt.ly/sySfWJ

Fuente:Autores.

4.2.3. CODIFICACIÓN

Para el desarrollo del software de la base de conocimiento se utilizó el lenguaje de programación JAVA y fue necesario usar HTML, CSS, para realizar la estructura y el diseño del sitio. En cuando a la administración de los datos de la base de datos, se usó MySQL.

Código del inicio del prototipo

index.jsp

```
<%@page contentType="text/html"
pageEncoding="UTF-8"%>
<!DOCTYPE html>
<html>
  <head>
    <meta http-equiv="Content-
Type" content="text/html;
charset=UTF-8">
    <title>PROTOTIPO BASE DE
CONOCIMIENTO</title>
    <link rel="stylesheet"
type="text/css" href="style.css">
  </head>
  <body>
    <div class="vertical-menu">
      <a href="index.jsp"
class="active">INICIO</a>
      <a></a>
      <a><b>AÑO
PUBLICACION</b></a>
      <a href="2014.jsp">2014</a>
      <a href="2015.jsp">2015</a>
      <a href="2016.jsp">2016</a>
      <a href="2017.jsp">2017</a>
      <a href="2018.jsp">2018</a>
      <a href="2019.jsp">2019</a>
      <a></a>
      <a><b>MATERIAL</b></a>
      <a href="#">Aceite de
Plástico</a>
      <a href="#">Copolímero</a>
      <a href="#">Fibras
Polímeras</a>
      <a href="#">Poliamida</a>
      <a href="#">Polibutileno</a>
      <a href="#">Poliestireno</a>
      <a href="#">Polietileno</a>
      <a href="#">Polímero</a>
      <a href="#">Polipropileno</a>
      <a href="#">Propileno</a>
      <a href="#">PVC</a>
      <a
href="#">Termoplásticos</a>
      <a></a>
      <a><b>PROCESO</b></a>
      <a href="#">Control de
calidad</a>
      <a href="#">Optimización
máquina</a>
      <a href="#">Variables por
proceso</a>
      <a></a>
      <a><b>SISTEMA
INTELIGENTE</b></a>
      <a href="#">Aprendizaje
Automático</a>
      <a href="#">Aprendizaje
iterativo</a>
      <a href="#">Aprendizaje
profundo</a>
      <a href="#">CAD (computer
Aided Design)</a>
      <a href="#">CAE (Computer
Assisted Engineering)</a>
      <a href="#">Copia 3D</a>
      <a href="#">Impresión 3D</a>
```

```

    <a href="#">Lógica
Difusa</a>
    <a href="#">Razonamiento
Basado en Casos</a>
    <a href="#">Razonamiento
Basado en Reglas</a>
    <a href="#">Redes
Neuronales</a>
    <a href="#">Redes
Neuronales convolucionales</a>
    <a href="#">Redes
neuronales de propagación hacia
atrás</a>
    <a href="#">Robotica</a>
    <a href="#">Taguchi</a>
    <a href="#">Técnicas
Heurísticas</a>
    <a></a>
</div>

```

```

<div class="texto">
    <h1
align="center">PROTOTIPO DE
BASE DE CONOCIMIENTO
DE SISTEMAS
INTELIGENTES APLICADOS EL
PROCESO DE
INYECCION DE PIEZAS Y
MICROPIEZAS DE PLASTICO</h1>
<br>
<br>

```

```

<p align="justify">Aqui
encontrará los artículos de los últimos
cinco años de
los sistemas inteligentes
aplicados al proceso de inyección de
plásticos el cual
es un proceso que emplea
técnicas de miniaturización para la
fabricación de micropiezas.
<br>
<br>
Este proceso cuenta con tres
fases:
<br>
<br>
    • Diseño geométrico de
las micropiezas y moldes<br>
    • Fabricación de los
moldes<br>
    • Fabricación de micropiezas
por microinyección<br>
</p>
<br>

```

```

<div align="center">
    
</div>
</div>
</body>
</html>

```

Código del clasificador 2014

2014.jsp

```

<%@page contentType="text/html"
pageEncoding="UTF-8"%>
<%@page import="java.sql.*" %>
<!DOCTYPE html>
<html>
<head>
    <meta http-equiv="Content-
Type" content="text/html;
charset=UTF-8">

```

```

<title>2014</title>
<link rel="stylesheet"
type="text/css" href="style.css">
</head>
<body>
    <div class="vertical-menu">
        <a
href="index.jsp">INICIO</a>
        <a></a>

```

```

<a><b>AÑO
PUBLICACION</b></a>
<a href="2014.jsp"
class="active">2014</a>
<a href="2015.jsp">2015</a>
<a href="2016.jsp">2016</a>
<a href="2017.jsp">2017</a>
<a href="2018.jsp">2018</a>
<a href="2019.jsp">2019</a>
<a></a>
<a><b>MATERIAL</b></a>
<a href="#">Aceite de
Plástico</a>
<a href="#">Copolímero</a>
<a href="#">Fibras
Polímeras</a>
<a href="#">Poliamida</a>
<a href="#">Polibutileno</a>
<a href="#">Poliestireno</a>
<a href="#">Polietileno</a>
<a href="#">Polímero</a>
<a href="#">Polipropileno</a>
<a href="#">Propileno</a>
<a href="#">PVC</a>
<a
href="#">Termoplásticos</a>
<a></a>
<a><b>PROCESO</b></a>
<a href="#">Control de
calidad</a>
<a href="#">Optimización
máquina</a>
<a href="#">Proceso de
moldeo</a>
<a href="#">Proceso de
producción</a>
<a href="#">Variables por
proceso</a>
<a></a>
<a><b>SISTEMA
INTELIGENTE</b></a>
<a href="#">Aprendizaje
Automático</a>
<a href="#">Aprendizaje
iterativo</a>

```

```

<a href="#">Aprendizaje
Supervisado</a>
<a href="#">Aprendizaje no
Supervisado</a>
<a href="#">Aprendizaje por
transferencia</a>
<a href="#">CAD (computer
Aided Design)</a>
<a href="#">CAE (Computer
Assisted Engineering)</a>
<a href="#">Copia 3D</a>
<a href="#">Impresión 3D</a>
<a href="#">Inteligencia
Artificial</a>
<a href="#">Lógica
Difusa</a>
<a href="#">Razonamiento
Basado en Casos</a>
<a href="#">Razonamiento
Basado en Reglas</a>
<a href="#">Redes
neuronales de propagación hacia
atrás</a>
<a href="#">Redes
Neuronales Artificiales</a>
<a href="#">Redes
Neuronales Artificiales Híbridas</a>
<a href="#">Robotica</a>
<a href="#">Método de
Taguchi</a>
<a href="#">Técnicas
Heurísticas</a>
<a href="#"></a>
<a href="#"></a>
</div>
<div class="tabla">
<%int numRegistros=0; %>
<%! ResultSet rs=null; %>
<%
try{
Class.forName("com.mysql.jdbc.Driver");

```



```

        Connection cn =
DriverManager.getConnection("jdbc:
mysql://localhost/baseconocimiento",
"root", "root");

```

```

        Statement st =
cn.createStatement(
ResultSet.TYPE_SCROLL_INSENSI
TIVE,
ResultSet.CONCUR_READ_ONLY);

```

```

        rs =
st.executeQuery("SELECT * from
papers where año='2014' ");

```

```

    }catch(Exception e) {
out.println(e.toString());
}
%>

```

```

        <table border="0"
cellpadding="0" cellspacing="0"
bordercolor="#000000"
align="center">
        <tr>
        <% while(rs.next()){
numRegistros =
numRegistros + 1;
}
%>
        <td align="center"> <p
align="center"> <b> LISTA DE
ARTICULOS
        (<%=numRegistros%>)
ARTICULOS ENCONTRADOS
</b></p></td>
        </tr>
        <tr>
        </table>

```

```

        <p style="margin-top: 0;
margin-bottom: 0">&nbsp;   </p>

```

```

        <table class="tabla-mostrar"
border="1" cellpadding="10"
cellspacing="0" bordercolor="gray">
        <%
try{
%>
        <tr>
        <th
style="width:20%; align="center"><b>
Nombre</b></th>
        <th
style="width:20%; align="center"><b>
Autor</b></th>
        <th
align="center"><b>Año</b></th>
        <th
style="width:100%; align="center"><b>
Resumen</b></th>
        <th
align="center"><b>Palabras
clave</b></th>
        <th
align="center"><b>URL</b></th>
        </tr>
        <%
rs.beforeFirst();
while(rs.next()){
%>
        <tr>
        <td
align="justify"><%=rs.getString("nomb
re")%></td>
        <td
align="justify"><%=rs.getString("autor
")%></td>
        <td
align="justify"><%=rs.getString("año")
%></td>
        <td
align="justify"><%=rs.getString("abstr
act")%></td>
        <td
align="justify"><%=rs.getString("keyw
ords")%></td>

```

```

        <td align="justify"> <a
text-align="justify"
href='<%=rs.getString("URL")%>'><%=
rs.getString("URL")%></a></td>
    </tr>
    <%
    }
    }catch(SQLException e){
        out.println(e.toString());
    }
    %>
</table>
</div>
</body>
</html>

```

CONCLUSIONES

Como resultado de la implementación de la metodología vigilancia tecnológica se ha encontrado que los sistemas inteligentes más usados en la optimización del proceso de inyección de plástico son las redes neuronales y las técnicas heurísticas en los parámetros de los procesos. La vigilancia tecnológica facilito la investigación y obtención de información de los artículos en las diferentes bases de datos por medio de una ecuación de búsqueda para filtrar los artículos referentes al tema de optimización de inyección de plásticos.

Los sistemas inteligentes aplicados a este proceso, mediante el uso de la tecnológica facilita e incentiva a la investigación para la obtención de conocimiento sobre lo que se está implementando alrededor del mundo.

Se identificaron los atributos de clasificación de la base de conocimiento por medio del desarrollo de una ontología, la cual facilitó la clasificación de los artículos por medio de un análisis exhaustivo de los diferentes artículos encontrados por la ecuación de búsqueda de la vigilancia ontológica, en donde las categorías de clasificación que se determinaron son: sistema inteligente, material, optimización por proceso y año de publicación.

Recopilando la información encontrada en la investigación, se desarrolló un prototipo de base de conocimiento en donde se muestra los resultados clasificados por medio de una ontología sobre el proceso de inyección de plástico la cual permitió una clasificación precisa de la información mostrada en una página web HTML en la cual se puede navegar por estos clasificadores y así obtener los artículos por el clasificador deseado.

El proyecto “DESARROLLO DE PROTOTIPO DE PLATAFORMA DE BASE DE CONOCIMIENTO EN EL ESTUDIO DE SISTEMAS INTELIGENTES APLICADOS AL PROCESO DE INYECCION DE PIEZAS Y MICROPIEZAS DE PLÁSTICOS” ayudará en el desarrollo del proyecto “DISEÑO DE SISTEMA INTELIGENTE PARA LA MICROFABRICACIÓN DE PLÁSTICOS” recopilando la información encontrada en la investigación realizada sobre los sistemas inteligentes que se están implementando en el proceso de inyección de plásticos para así generar apoyo en el diseño del sistema inteligente integrado.

TRABAJOS FUTUROS

Para la continuidad de este proyecto se debe tener una actualización constante de la base de conocimiento con las nuevas tendencias tecnológicas que se desarrollarán en la aplicación de los sistemas inteligentes en la optimización de los procesos de inyección de plástico.

El desarrollo de esta base de conocimiento podrá ayudar en el análisis e identificación de tendencias tecnológicas de un específico campo de estudio del proceso de inyección de plásticos.

RECOMENDACIONES

Se recomienda incentivar a los estudiantes a investigar por medio de metodologías como la vigilancia tecnológica y que este método sea enseñado en una materia obligatoria de la carrera incluyéndolo en los temas a tratar en el plan de clase.

Se recomienda que la universidad aumente los accesos a bases de datos más especializadas en los temas de ingeniería de sistemas.

Se recomienda generar mayor acceso al programa VantagePoint en las salas de cómputo y tener personal capacitado en la enseñanza del uso de las funcionalidades de este programa.

Para posibles trabajos futuros, se recomienda tener actualizada la base de conocimiento con los artículos que son publicados a medida del tiempo.

BIBLIOGRAFÍA

R. Razali y Y. Qin, «A Review on Micro-manufacturing, Micro-forming and their Key Issues,» *Procedia Engineering*, vol. 53, pp. 665-672, 2013.

J. Garcia, «sites.google.com,» 21 diciembre 2009. [En línea]. Available: <https://sites.google.com/site/proyectointeligenciaartificial/indice/los-sistemas-expertos...> [Ultimo acceso: 20 noviembre 2018].

X.-P. Dang, « General frameworks for optimization of plastic injection molding process parameters, » *Simulation Modelling Practice and Theory*, vol. 41, pp. 15-27, 2014.

S. L. Mok y C. K. Kwong, «Application of artificial neural network and fuzzy logic in a case-based system for initial process parameter setting of injection molding, » *Journal of Intelligent Manufacturing*, vol. 3, pp. 165-176, 2002.

D. López y C. Reyes, «SlideShare,» 22 septiembre 2011. [En línea]. Available: https://es.slideshare.net/uni_fcys_sistemas/bases-de-conocimiento-vs-bases-de-datos. [Ultimo acceso: 25 Noviembre 2018].

Salimi, M. Subai, L. Buldu y Ç. Karata, «Prediction of flow length in injection molding for engineering plastics by fuzzy logic under different processing conditions,» *Iranian Polymer Journal*, vol. 22, pp. 33-41, 2013.

B. KC, O. Faruk, J. A. M. Agnelli y A. Leao, «Sisal-glass fiber hybrid biocomposite: Optimization of injection molding parameters using Taguchi method for reducing shrinkage, » *Composites Part an Applied Science and Manufacturing*, vol. 89, pp. 155-159, 2015.

K.-T. Chiang y F.-P. Chang, «Application of grey-fuzzy logic on the optimal process de-sign of an injectionmolded part with a thin shell feature, » *International Communications in Heat and Mass Transfer*, vol. 33, pp. 94-101, 2008.

T. Stipancic, B. Jerbic y P. Curkovic, «A context-aware approach in realization of socially intelligent industrial robots, » *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, vol. 37, pp. 79-89, 2016.

M. L. Chaves, J. Rios, J. d. J. Marquez y A. Vizán, «Inspection model assists in correcting injection defects. *Polymer Engineering & Science*, » *Polymer Engineering & Science*, vol. 50, pp. 1268-1279, 2010.

D. Li, H. Zhou, P. Zhao y Li, «A real-Time Process Optimization System for Inyection Molding, State Key Laboratory of Mold and Die Technology, Huazhong University of

Science and Technology, Wuhan, Hubei 430074,» People's Republic of China, pp. 5-7, 2009.

K. H. Tan y M. M. F. Yuen, «A Fuzzy Multiobjective Approach for Minimization of Injection Molding Defects. » Polymer Engineering & Science, vol. 40, p. 2.5, 2006.

S. Badaro, L. J. I. y M. J. Agüero, «Palermo,» 2013. [En línea]. Available: https://www.palermo.edu/ingenieria/pdf2014/13/CyT_13_24.pdf. [Último acceso: 23 04 2019].

Ecured, «Ecured,» [En línea]. Available: https://www.ecured.cu/Sistemas_expertos#Tipos_de_sistemas_expertos. [Último acceso: 2019 Ferrero 7].

Atlassian, «Atlassian, » 2018. [En línea]. Available: <https://www.atlassian.com/it-unplugged/knowledge-management/what-is-a-knowledge-base>. [Último acceso: 24 04 2019].

U. Normalización Española, Gestión de la I+D+i: Sistema de vigilancia e inteligencia., Madrid, 2018.

M. Vargas Pérez y F. Malaver Rodríguez, Vigilancia tecnológica y competitividad sectorial: lecciones y resultados de cinco estudios, Bogotá: Colciencias, 2007.

S. Cantor y A. Efigenia, «Uso de ontologías y web semántica para apoyar la gestión del conocimiento,» Ciencia e Ingeniería Neogranadina, vol. 17, nº 2, pp. 111-129, 2007.

A. Cruz, «Academia,» [En línea]. Available: http://www.academia.edu/10376257/Definiciones_de_sistemas_inteligentes_y_5_ejemplos_de_sistemas_inteligentes.

M. Rouse, «Search Data Center, » Abril 2017. [En línea]. Available: <https://searchdatacenter.techtarget.com/es/definicion/Inteligencia-artificial-o-AI>.
Weebly, «INGENIERIA DE SOFTWARE,» [En línea]. Available: <https://ingsoftware.weebly.com/ciclo-de-vida-de-un-prototipo.html>.

J. Pérez Porto y A. Gardey, «Definicion.DE,» 2015. [En línea]. Available: <https://definicion.de/plataforma-virtual/>.

ProtoLabs, «ProtoLabs,» [En línea]. Available: <https://www.protolabs.es/servicios/moldeo-por-inyeccion/>. [Último acceso: 7 febrero 2019].

C. G. Morcillo, «Uclm,» 2015. [En línea]. Available: https://www.esi.uclm.es/www/cglez/downloads/docencia/2011_Softcomputing/LogicaDifusa.pdf. [Último acceso: 23 04 2019].

R. M. Colomb, «The physical being of institutional facts, » de Technical Report, Padova, 2002.

P. Pol y M. Moreno, «¿Qué son las redes neuronales artificiales? Aplicaciones realizadas en el ámbito de las adicciones,» Adicciones, vol. 11, nº 3, pp. 243-255, 1999.

S. PLM, «Siemens,» [En línea]. Available: <https://www.plm.automation.siemens.com/global/es/our-story/glossary/computer-aided-design-cad/12507>. [Último acceso: 24 04 2019].

S. PLM, «Siemens,» [En línea]. Available: <https://www.plm.automation.siemens.com/global/es/our-story/glossary/computer-aided-engineering-cae/13112>. [Último acceso: 24 04 2019].

Autodesk, «Autodesk,» 2019. [En línea]. Available: <https://latinoamerica.autodesk.com/solutions/3d-printing>.

M.-Y. Chen, H.-W. Tzeng, Y.-C. Chen y S.-C. Chen, «The application of fuzzy theory for the control of weld line positions in injection-molded part, » ISA Transactions, p. 119–126, 2008.

A. Plastics, «Interempresas,» 3 Julio 2018. [En línea]. Available: <https://www.interempresas.net/Plastico/Articulos/220359-Inteligencia-artificial-aplicada-a-la-inyeccion-de-plastico.html>.

E. C. Systems, «Systems, Eas Change, » [En línea]. Available: <https://easchangesystems.com/application/plastic-injection-molding/>. [Último acceso: 18 febrero 2019].

M. A. Ramos, «La micro-inyección, mucho más que piezas de plástico muy pequeñas,» Revista de plásticos modernos: Ciencia y tecnología de polímeros, pp. 419-423, 2011.

F. B. Alejandra, T. G. Lida y F. B. Alejandra, «Vigilancia Tecnológica: Metodologías y Aplicaciones,» REVISTA GESTIÓN DE LAS PERSONAS Y TECNOLOGÍA, nº 13, mayo 2012.

Colciencias, «Colciencias,» [En línea]. Available: <https://www.colciencias.gov.co/investigadores>. [Último acceso: 31 05 2019].

A. González, «Hot courses Latinoamérica,» 19 07 2018. [En línea]. Available: <https://www.hotcourseslatinoamerica.com/study-abroad-info/choosing-a-university/como-escribir-un-articulo-cientifico-o-paper-para-la-universidad/>. [Último acceso: 31 05 2019].

E. pensante, «El pensante,» 23 04 2016. [En línea]. Available: <https://educacion.elpensante.com/el-analisis-de-informacion/>. [Último acceso: 31 05 2019].

ANEXOS

ANEXO A: MANUAL DE USUARIO

El siguiente manual ayudará a las personas a usar de manera fácil y sencilla la plataforma de base de conocimiento. Hay que seguir paso a paso para lograr una utilización correcta del sistema.

Menú Principal: En esta pantalla principal de la aplicación, encontramos:

- El menú principal cuenta con los distintos clasificadores (año de publicación, material, sistema inteligente, proceso de producción) junto con una breve introducción de lo que encontrará en el prototipo de base de conocimiento.

Figura 16: Menú principal



Fuente: Autores.

A continuación, se mostrará como es el proceso de consulta de los artículos por el clasificador año publicación.

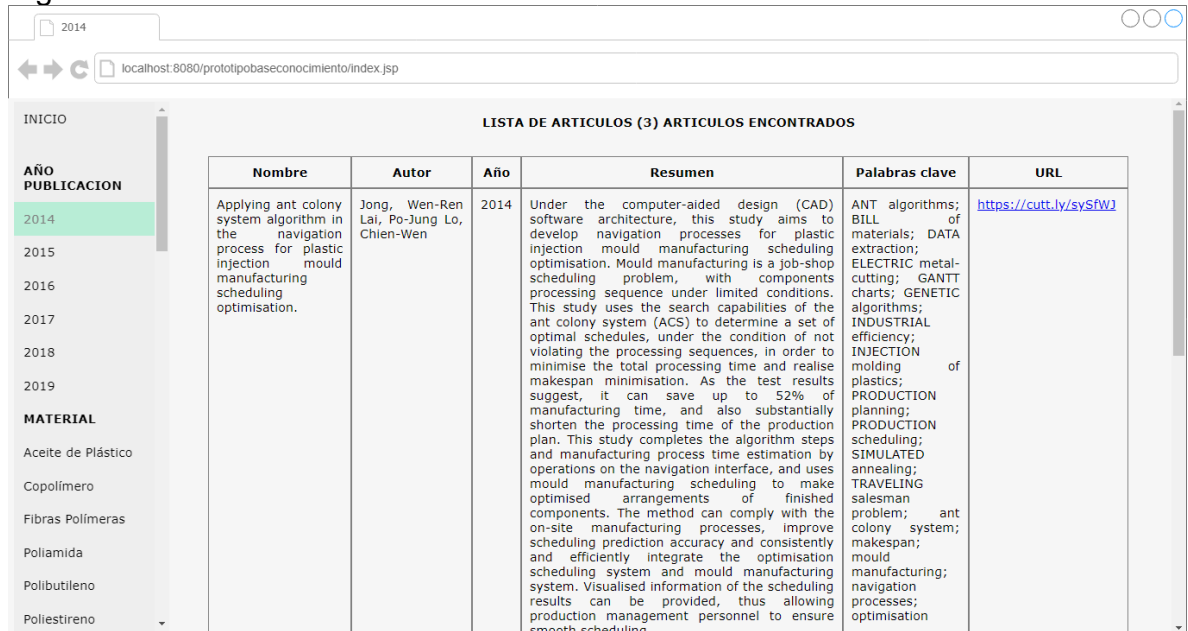
Figura 17: Pantalla de selección del clasificador 2014



Fuente: Autores.

En esta pantalla se selecciona como clasificador de búsqueda el año de publicación 2014.

Figura 18: Pantalla de los artículos del año 2014



Fuente: Autores.

En la anterior pantalla se muestran los artículos pertenecientes al año de publicación del 2014 junto con el menú de navegación.

**ANEXO B: CODIGO DE DESARROLLO PROTOTIPO BASE DE
CONOCIMIENTO**

ANEXO C: SCRIPT DE BASE DE CONOCIMIENTO