

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS	<i>iii</i>
ÍNDICE DE TABLAS	<i>v</i>
ÍNDICE DE CUADROS	<i>vi</i>
RESUMEN	<i>1</i>
ABSTRACT	<i>3</i>
RESUM	<i>5</i>
CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN	<i>7</i>
CAPÍTULO 2 MARCO DE REFERENCIA	<i>15</i>
2.1 Introducción	<i>15</i>
2.2 Perfiles de goma para automóvil	<i>16</i>
2.2.1 Tipos de goma.....	<i>18</i>
2.3 Descripción de la línea de elaboración de perfiles de goma ..	<i>19</i>
2.3.1 Extrusión	<i>20</i>
2.3.2 Moleteado	<i>32</i>
2.3.3 Vulcanizado	<i>32</i>
2.3.4 Arrastre	<i>34</i>
2.3.5 Flockado.....	<i>34</i>
2.3.6 Corte.....	<i>36</i>
2.4 Control automatizado del proceso	<i>37</i>
2.4.1 Sensores	<i>38</i>
2.4.2 Sistemas SCADA.....	<i>39</i>
2.4.3 El control en la línea de elaboración de perfiles de goma	<i>40</i>
2.5 Problemas de calidad durante la extrusión	<i>42</i>
CAPÍTULO 3 OBJETIVOS	<i>47</i>
3.1 Objetivo general	<i>47</i>
3.2 Objetivos específicos	<i>48</i>
CAPÍTULO 4 HIPÓTESIS	<i>51</i>
CAPÍTULO 5 MATERIALES Y MÉTODOS	<i>63</i>
5.1 Introducción	<i>63</i>
5.2 Metodología de Minería de Datos	<i>65</i>

5.2.1	Selección de los objetivos	67
5.2.2	Preparación de los datos.....	67
5.2.3	Aplicación de algoritmos de minería de datos	69
5.2.4	Análisis de resultados.....	69
5.3	<i>Técnicas de Minería de Datos aplicadas a datos del proceso de extrusión de perfiles de goma.....</i>	70
5.3.1	Técnicas de proyección	70
5.3.1.1	Análisis de componentes principales (PCA)	71
5.3.1.2	Análisis Sammon	74
5.3.2	Técnicas de agrupamiento o clustering	74
5.3.2.1	AGNES (Agglomerative Nesting)	75
5.3.2.2	CLARA (Clustering Large Applications)	76
5.3.2.3	MCLUST	76
5.3.2.4	LDA (Linear Discriminant Analysis).....	77
5.3.3	Técnicas predictivas	77
5.3.3.1	Máquinas de Vectores Soporte (SVM)	78
5.4	<i>Datos utilizados.....</i>	80
5.5	<i>Selección de los objetivos</i>	86
5.6	<i>Preparación de los datos.....</i>	87
	<i>CAPÍTULO 6 RESUMEN DE PUBLICACIONES</i>	95
	<i>CAPÍTULO 7 DISCUSIÓN DE RESULTADOS</i>	105
7.1	<i>Resultados para las mejores curvas de arranque en la extrusión.....</i>	106
7.2	<i>Resultados para la producción en régimen permanente en la extrusión.....</i>	115
	<i>CAPÍTULO 8 CONCLUSIONES.....</i>	127
	<i>CAPÍTULO 9 DESARROLLOS FUTUROS</i>	133
	<i>CAPÍTULO 10 REFERENCIAS.....</i>	137

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Perfil de goma para automóvil [http://gzsdru.en.ec21.com]	7
Figura 2: Arranque identificado después de un fin de semana, tomando como referencia a la presión en una extrusora.	10
Figura 3: Datos en régimen estacionario, tomando como referencia a la Temperatura de una de las extrusoras.....	10
Figura 4: Perfiles de goma para automóvil [http://www.rubicon-halle.de/spa/Tecnología_de_extrusión.htm].	17
Figura 5: Línea de fabricación de perfiles de goma para automóvil (Cortesía de Metzeler Automotive Profile Systems).....	21
Figura 6: Perfiles de goma [http://www.diytrade.com].	22
Figura 7: Extrusoras para perfiles de goma (Cortesía de Metzeler Automotive Profile Systems).	23
Figura 8: Husillos para extrusión [http://www.scribd.com/doc/3901568/11-Extrusion].....	24
Figura 9: Secciones de un husillo de extrusión [http://www.etsimo.uniovi.es/usr/fblanco/Leccion10.PLASTICOS.Extrusion.2005.pdf].	25
Figura 10: Filtros [CNIC (2007)].	30
Figura 11: Hilera para extrusión [Ordieres <i>et al.</i> (2000)].....	31
Figura 12: Hornos microondas para vulcanizado de perfiles de goma [http://www.itaigum.com/hornoscaucho.htm]	33
Figura 13: Arrastre tipo "oruga" [http://www.scribd.com/doc/3901568/11-Extrusion].....	34
Figura 14: Cabina de flocado [http://es.maag-flock.com/content.php?id=76]	35
Figura 15: Guillotina para corte de goma [http://www.dumont.cl].	36
Figura 16: Fractura de fusión. [http://www.etsimo.uniovi.es/usr/fblanco/Leccion10.PLASTICOS.Extrusion.2005.pdf].	43
Figura 17: Defecto de "piel de tiburón " en un perfil extrudido. [http://polymers.nist.gov/Researcharea/processing/FrustTIR_New_Measurement_Technique_Coating_Kinetics.cfm].	44
Figura 18: Defecto de tallo de bambú. [http://www.etsimo.uniovi.es/usr/fblanco/Leccion10.PLASTICOS.Extrusion.2005.pdf]	44
Figura 19: Diferentes tipos de secciones de perfil: (a) Secciones más comunes [http://www.extrudedprofilesworld.com]; (b) Secciones de diseños más complicados [Ordieres <i>et al.</i> (2000)].	52
Figura 20: Diversos arranques en la Extrusora1 del la Línea 8.	57
Figura 21: Diagrama de Pareto para algunos arranques en la Línea 8.	58
Figura 22: Fases típicas de Data Mining [García (2002)]	66
Figura 23: Proyección del espacio de entrada a una dimensión superior para poder separar linealmente las clases [Martínez de Pisón <i>et al.</i> (2008)].....	79
Figura 24: Gráfico de los valores Reales correspondientes a la presión de la Extrusora 1.	89
Figura 25: Gráfico con datos de producción en régimen.....	90
Figura 26 : Proyección de los puntos de operación de varios arranques usando los dos primeros ejes PCA.	109
Figura 27: Curva de temperatura media, moda, 5% y 95% percentil de la extrusora principal.....	111

Figura 28: Esquema de control mediante el uso de los modelos SVM de velocidad de las extrusoras y los modelos no lineales de regresión de las temperaturas.	112
Figura 29: Algunas curvas de velocidad reales y que predichas por los modelos.	113
Figura 30: Varianza de las Componentes Principales de una de las líneas analizadas.	116
Figura 31: Parámetros de las dos Componentes Principales de una línea analizada.	117
Figura 32: Análisis Sammon sobre los datos analizados con el PCA.	118
Figura 33: PCA en diferentes secuencias de producción de una hilera.	120
Figura 34: Grupos observados en una línea y una hilera con tres modelos diferentes: AGNES, CLARA Y MCLUST.	121
Figura 35: Agrupamiento de datos de una línea y una hilera aplicando la técnica LDA.	122
Figura 36: Valores _PR proyectados sobre el plano PCA de los valores _R, en dos hileras de una línea.	123

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Valores registrados para algunas variables del proceso en una de las líneas.	62
Tabla 2: Identificación de las variables contenidas en la base de datos para cada una de las líneas de producción.	81
Tabla 3: Cantidad de registros obtenidos en las bases de datos e hileras registradas en la base de datos programados y base de datos reales para cada una de las líneas.....	83
Tabla 4: Consulta de la base de datos a través de SQL, realizando el promedio cada 15 min.	84
Tabla 5: Descriptores estadísticos de los datos reales, correspondientes a una de las bases de datos.....	84
Tabla 6: Variables donde se observa que existen valores nulos.	88
Tabla 7: Se muestran los valores registrados de algunas variables después de que se eliminaron los datos nulos, erróneos y también cuando ya se han elegido los tramos de producción en régimen.....	91
Tabla 8: Cantidad de valores registrados que se obtienen por hilera en una de las líneas, una vez que se ha hecho la limpieza de los datos.	92
Tabla 9: Función para escalar datos de 0-1.	93
Tabla 10: Datos escalados de 0-1.	93
Tabla 11: Porcentaje de influencia en la Primer Componente del PCA.	107
Tabla 12: Porcentaje de influencia en la Segunda Componente del PCA.	108
Tabla 13: Minutos que necesitó cada una de las curvas de arranque para llegar a la zona de seguridad establecida en el gráfico PCA.	110
Tabla 14: Error Medio Absoluto (MAE) de entrenamiento y testeo en los modelos SVM de la velocidad de cada una de las tres extrusoras.	114
Tabla 15: Minutos que se necesitó en cada uno de los arranques estudiados en un periodo de 10 días.	115
Tabla 16: Porcentaje de influencia de las variables dominantes en las dos primeras Componentes Principales.....	116

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Resumen en inglés del artículo publicado en el X Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos en el 2006.....	95
Cuadro 2: Resumen en español del artículo publicado en el X Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos en el 2006.....	96
Cuadro 3: Resumen en inglés del artículo publicado en el Journal of materials processing technology, editado por ELSEVIER B.V., en el 2007.....	97
Cuadro 4: Resumen en español del artículo publicado en el Journal of materials processing technology, editado por ELSEVIER B.V., en el 2007.....	99
Cuadro 5: Resumen en inglés del artículo publicado en el XII Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos en Zaragoza en el 2008.....	100
Cuadro 6: Resumen en español del artículo publicado en el XII Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos en Zaragoza en el 2008.....	101
Cuadro 7: Resumen en inglés del artículo publicado en International Journal of Production Research, editada por Taylor and Francis en el 2009.	102
Cuadro 8: Resumen en español del artículo publicado en International Journal of Production Research, editada por Taylor and Francis en el 2009.....	103