



UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI  
Facultat de Química



**Control de Qualitat de reïnes de l'ABS segons la normativa  
ISO IATF 16949; estudi estadístic de l'Índex de Fluïdesa**  
**Treball de Fi de Grau**

***Paraules Clau:***

*Control de Qualitat*

*Reïnes d'ABS*

*ISO IATF 16949*

*Melt Volume Rate (MVR)*

*Grau de Química CURS 2024-25*

*TARRAGONA*

***Data:*** *Juny 2025*

***Autor:*** *Gerard Wilson Roig*

***Tutor professional:***

*Antonio Prunera Casellas*

***Tutor/a acadèmic:***

*Juan Carlos Ronda Bargalló*



Vull agrair a l'empresa ELIX Polymers per donar-me l'oportunitat d'exercir com a tècnic de Qualitat durant l'estada de la formació Dual, i si més no, a desenvolupar les meves pràctiques i aquest projecte a les seves instal·lacions, fent que creixi com a professional i sobretot com a persona.

Voldria agrair a tots els treballadors de l'empresa que m'han ajudat en tot moment, però sobretot donar les gràcies a la Lorena Rey i al Toni Prunera, responsables d'aquest projecte i que m'han ajudat en tot moment quan he necessitat, essent els meus tutors professionals; els hi estaré sempre agraït per haver-me concedit aquesta oportunitat.

Al Joan Carles Ronda, essent en el meu tutor acadèmic, donar-li les gràcies per ser constant i resoldre els dubtes que han anat sorgint al llarg d'aquesta meravellosa estada.

I per acabar, agrair als meus familiars, companys i amics, per ajudar-me anímicament en el que he necessitat durant tot aquest temps.

# ÍNDIX

1. Resum	1
2. Objectius	2
3. Introducció a ELIX Polymers, S.L	3
4. Fonaments	4
4.1. L'ABS	4
4.1.1. Història de l'ABS	4
4.1.2. Característiques de l'ABS	4
4.1.3. Producció Industrial de l'ABS	7
4.1.3.1. Història de la polimerització en emulsió	9
4.1.3.2. Característiques de la polimerització en emulsió	9
4.1.3.3. Polimerització de l'ABS	10
4.1.3.3.1. Producció de làtex de polibutadiè	11
4.1.3.3.2. Producció del cautxú empeltat	12
4.1.3.3.3. Estabilització i tractament del cautxú empeltat	13
4.2. Producció d'ABS en el món de l'automoció	14
4.2.1. <i>Tiers i OEMs</i>	14
4.2.2. ISO IATF 16949	15
4.2.2.1. Les <i>Core Tools</i> d'automoció	15
5. Part experimental	17
5.1. L'índex de fluïdesa, <i>Melt Volume Rate</i> (MVR) i <i>Melt Flow Rate</i> (MFR)	17
5.1.1. Mesura de l'índex de fluïdesa mitjançant MVR	18
5.2. Materials analitzats: Pellets d'ABS tipus H604 i P2MC	20
5.3. Estudi estadístic R&R mitjançant el <i>Software MINITAB</i>	21
6. Resultats i discussió dels estudis R&R	23
6.1. Estudi R&R H604	23
6.2. Estudi R&R P2MC	27
6.3. Estudi R&R H604/P2MC	30
7. Conclusions	32
8. Annexos	34
9. Bibliografia	40

## 1. Resum

### Català:

L'ABS (de l'anglès *Acrylonitrile Butadiene Styrene*) és un dels polímers més utilitzats en els mercats dels termoplàstics, sobretot en el món de l'automoció. Per aquest fet s'ha de tindre el màxim control possible de tot el procés de fabricació d'aquest copolímer, donant lloc a què hi hagi un adequat control de qualitat en totes les etapes del procés.

En aquest projecte es planteja la possible implementació de la normativa d'automoció ISO IATF 16949 a ELIX Polymers, on aquesta normativa es basa a establir els requisits de qualitat necessaris en la indústria automotriu. Es veurà que és essencial tindre un control correcte de les característiques més rellevants en aquest mercat.

Una característica essencial dels materials termoplàstics en el món de l'automoció és l'índex de fluïdesa, mesurat a ELIX mitjançant la tècnica MVR, de l'anglès *Melt Volume Rate*. En aquest treball se seleccionaran dos tipus de materials d'ABS amb fluïdeses diferents i es farà una avaluació estadística R&R (de l'anglès *Repeatability and Reproducibility*) d'aquesta característica per comprovar si els resultats segueixen un control de qualitat adient.

### English:

Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS) is one of the most used polymers in the thermoplastics market, especially in automotive world. It's necessary having the maximum control over the manufacturing process of this copolymer and consequently have a good quality control at all stages of the process.

This project shows part of the possible implementation of the ISO IATF 16949 automotive standard at ELIX Polymers, which is based on confirm the necessary quality requirements in the automotive industry. It will be seen that it's essential to have proper control of the most relevant characteristics in this market.

Melt Volume Rate (MVR) is one of the most important thermoplastic material characteristics in automotive. This project will conduct Repeatability and Reproducibility (R&R) statistical evaluation of two ABS materials with different Melt Volume Rates, ensuring that the results meet good quality control standards.

## 2. Objectius

Aquest apartat vol mostrar els objectius principals d'aquest treball, on els podem veure numerats a la Taula 2.1.

En primer lloc, es voldrà fer èmfasi en les reïnes d'ABS i en el coneixement de la polimerització en emulsió i, paral·lelament, de la producció d'aquest copolímer a escala industrial. A més a més, també es revisaran breument els conceptes principals de la indústria d'automoció i de la seva normativa ISO IATF 16949, amb totes les eines que s'utilitzen per implementar aquesta norma d'automoció, les *Core Tools*.

En segon lloc, on es reflecteix el major pes del projecte, a causa del desenvolupament de la implementació d'aquest estàndard d'automoció a ELIX Polymers, S.L, s'ha fet l'estudi estadístic d'una propietat essencial dels materials termoplàstics en el món de l'automoció, l'índex de fluïdesa, mitjançant un estudi R&R (Repeatability and Reproducibility) per assegurar la precisió i la fiabilitat dels resultats obtinguts assegurant un bon control de qualitat a ELIX Polymers, S.L.

**Taula 2.1** Recopilació dels objectius del treball

### OBJECTIUS:

- Coneixement de les reïnes d'ABS
- Estudi de la polimerització en emulsió i producció industrial de l'ABS
- Coneixement del món de l'automoció i aprenentatge de les *Core Tools*
- Mesura de l'índex de fluïdesa de l'ABS
- Desenvolupament d'un estudi estadístic de les mesures de l'índex de fluïdesa de l'ABS
- Possibilitat d'implementació ISO IATF 16949

### 3. Introducció a ELIX Polymers, S.L

ELIX Polymers, S.L (d'ara en avant ELIX) és una de les empreses líders globals en la venda de reïnes d'ABS i dels seus derivats. Situada al Polígon Industrial Sud del Camp de Tarragona, ELIX es troba en molts dels mercats clau d'aquest copolímer, com per exemple el mercat de la salut o el mercat del món de l'automoció.

ELIX fou fundada l'any 2013 formant part del grup SUN CAPITAL, on aquell mateix any es va associar a l'AEQT, *Associació d'Empreses Químiques de Tarragona*, però ELIX té més història al llarg d'aquest sector a Tarragona. Com es pot observar en l'Esquema 3.1, ELIX prové de la famosa empresa alemanya BAYER, on l'any 2005 es va dissoldre i, durant un seguit de canvis d'empreses, l'any 2013 neix aquesta organització, com ja hem comentat anteriorment. Actualment forma part del grup SINOCEM International.



Esquema 3.1. Diagrama de la història d'ELIX Polymers, S.L

Aquest projecte sorgeix pel fet que, dintre dels departaments de *Qualitat* i *I+D* d'ELIX, es va veure l'opció a llarg termini de la possible implementació de la normativa d'automoció ISO IATF 16949. Per consegüent, s'ha de tindre un gran coneixement de les reïnes d'ABS, així com el tipus de polimerització emprat, la seva producció industrial i conceptes claus del món de l'automoció. Durant la implementació d'aquesta normativa, s'ha identificat un paràmetre crític a estudiar: l'índex de fluïdesa. Per aquest motiu, es farà un estudi estadístic d'aquest paràmetre per assegurar que es compleixen els estàndards de qualitat establerts.

## 4. Fonaments

### 4.1 L'ABS

#### 4.1.1 Història de l'ABS

L'acrilonitril-butadiè-estirè (ABS) és un dels plàstics termoplàstics amb estructura amorfa més importants en el món de la indústria química d'avui en dia. La història d'aquest termoplàstic es remunta sobre l'any 1940, ben entrada la Segona Guerra Mundial. Tot va ser degut al fet que es volien implementar làmines a prova de bales utilitzant dímers de butadiè-acrilonitril i estirè-acrilonitril amb un gran elevat pes molecular, ja que aquests tenien una gran resistència a l'impacte. No obstant això, aquests només es podien processar amb extrusores, donant lloc que finalment es fes servir el copolímer d'ABS a l'hora de produir aquestes làmines.<sup>1</sup>

#### 4.1.2 Característiques de l'ABS

L'ABS és un copolímer que posseeix una gran varietat d'aplicacions gràcies a les seves propietats físiques i químiques. Aquestes característiques provenen, d'una banda, dels monòmers de partença d'aquest polímer: l'acrilonitril, el butadiè, més concretament l'1,3-butadiè, i l'estirè (podem observar les seves fórmules estructurals a la Figura 4.1). D'altra banda, les propietats també depenen de la composició, estructura i pes molecular del polímer final.

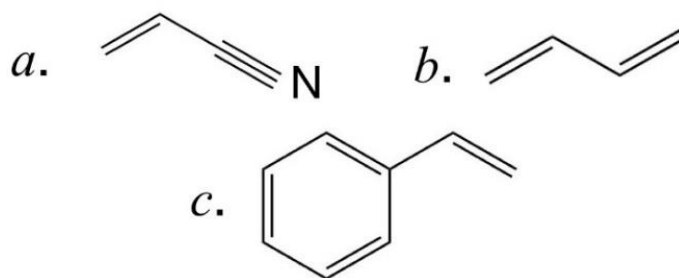


Figura 4.1. a. acrilonitril b. 1,3-butadiè c. estirè

L'acrilonitril representa un 15-35% del copolímer final; en canvi, el butadiè representa un 5-30%; per últim, l'estirè representa el 40-60% del polímer final, sent aquest el monòmer majoritari.<sup>2</sup> Gran part de les propietats de l'ABS depenen de la distribució dels seus monòmers, cadascun dels quals aporta característiques diferents, com es mostra a la Figura 4.2. L'acrilonitril proporciona resistència química, tèrmica i a la fatiga; així com duresa i rigidesa. El butadiè ofereix resistència a l'impacte i ductilitat a baixa temperatura,

entre d'altres. Per últim, l'estirè aporta rigidesa, brillantor i fluïdesa, facilitant la processabilitat. No obstant això, el butadiè també afecta a l'envelliment del polímer, per la qual cosa és habitual afegir antioxidants a la composició per enrederir aquesta característica.



*Figura 4.2. Propietats dels monòmers de l'ABS*

En l'estructura de l'ABS es produeix una segregació de fases, on es combinen regions rígides amb regions de cautxú. Aquestes últimes, en ser flexibles, absorbeixen l'energia i confereixen una resistència extraordinària a l'impacte, que és la característica més destacada d'aquest polímer.

Generalment, els compostos produïts d'ABS es formen mitjançant la copolimerització de l'estirè i l'acrilonitril, coneguda com a SAN, en presència de polibutandiè, quedant com a producte un polibutandiè amb cadenes de SAN unides a ell, formant un copolímer empeltat.

A causa d'aquesta polimerització, es troben en l'estructura de l'ABS dues matrius ben diferenciades: la matriu SAN i la matriu de polibutandiè (PB). Mentre que la matriu SAN és contínua, la matriu de PB està dispersada aleatòriament a l'estructura de l'ABS final,<sup>3</sup> sent aquesta última matriu les regions cautxú que trobem a l'estructura de l'ABS.

Si més no, els grups nitrils ( $-C\equiv N$ ) veïns de la matriu SAN fan que interaccionin fortament entre si les cadenes, restringint la mobilitat i generant major resistència al producte final. En la Figura 4.3 es pot veure un esquema de la polimerització de l'ABS, així com les diferents matrius esmentades anteriorment.

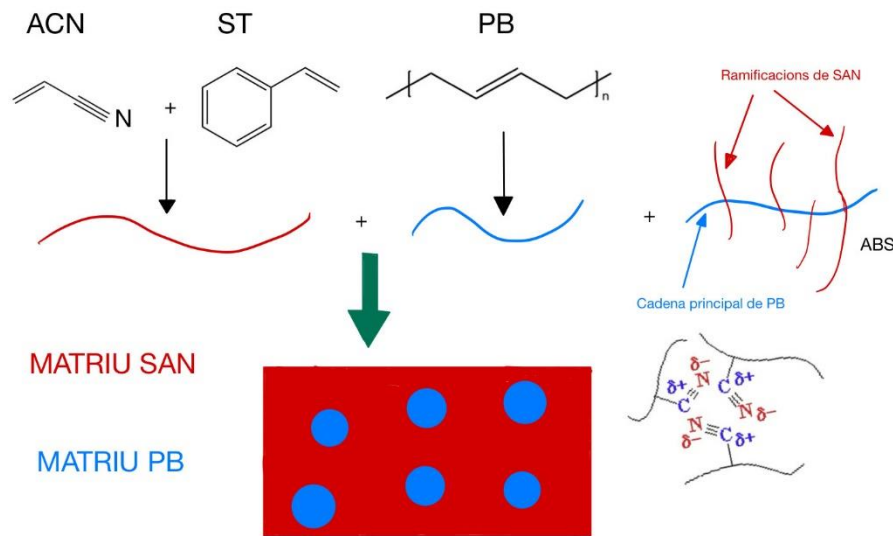


Figura 4.3. Polimerització de l'ABS; matriu de SAN i PB en ABS

Un gran avantatge de l'ABS és que combina la resistència i rigidesa del SAN amb la tenacitat dels cautxús de polibutadiè, fet que li proporciona una gran versatilitat i propietats molt diverses, on algunes d'aquestes es recullen a la Taula 4.1, fet que aquest termoplàstic sigui apte per a una àmplia gamma d'aplicacions en sectors com ara: l'automoció, la sanitat, els electrodomèstics, l'electricitat i l'electrònica, els béns de consum, la construcció, les joguines, l'esport i el lleure.

Taula 4.1 Propietats tèrmiques i mecàniques generals de l'ABS<sup>4</sup>

Propietat	Rang de Valors	Unitats
Densitat	1,03-1,09 (a 20°C)	g/cm <sup>3</sup>
T° de transició vítria ( <i>T<sub>g</sub></i> )	102-107 (fase SAN) -58 (fase PB)	°C °C
T° màxima de servei	80	°C
Mòdul de Young	1810 – 2390	MPa
Resistència a l'impacte (Izod)	30 – 450 (a 23 °C) 8– 280 (a -40°C)	J/m J/m
Resistència a l'impacte (Charpy)	120–190 (a 23°C; <i>unnotched*</i> ) 5-40 (a 23°C; <i>notched*</i> )	kJ/m <sup>2</sup> kJ/m <sup>2</sup>
Índex de fluïdesa (MVR) (ISO 1133; 220°C/10 Kg)	2-34	cm <sup>3</sup> /10 min
Resistència a la tracció	25-65	MPa

\**Unnotched*: proveta sense entallar

*Notched*: proveta entallada

### 4.1.3 Producció Industrial de l'ABS

La producció de l'ABS es pot dur a terme mitjançant diversos processos de polimerització; entre els dos més rellevants destaquen la polimerització en massa i la polimerització en emulsió. Aquesta darrera serà tractada amb més detall en els apartats següents, ja que és la polimerització que s'utilitza a les instal·lacions d'ELIX.

La polimerització en massa (o també anomenada polimerització en *bulk*) comença amb una copolimerització en fase contínua, en la qual es fa reaccionar una mescla de monòmers d'estirè i acrilonitril en presència de cautxú (polibutadiè lineal), mitjançant dos o més reactors continus. En aquesta etapa es produeix un canvi de fase i s'assoleix una conversió aproximada del 30%.

A continuació, la mescla es transfereix a un reactor de polimerització en massa, operant a temperatures compreses entre 120 i 180 °C, on la conversió augmenta fins a valors d'entre el 50% i el 80%. Un cop format el polímer, aquest es dirigeix a un evaporador, on es recuperen i es recirculen els monòmers no reaccionats. Finalment, el polímer es refreda mitjançant un bany d'aigua i es fan pellets d'ABS mitjançant un pelletitzador. A la Figura 4.4 es pot observar un resum gràfic de la polimerització en massa.

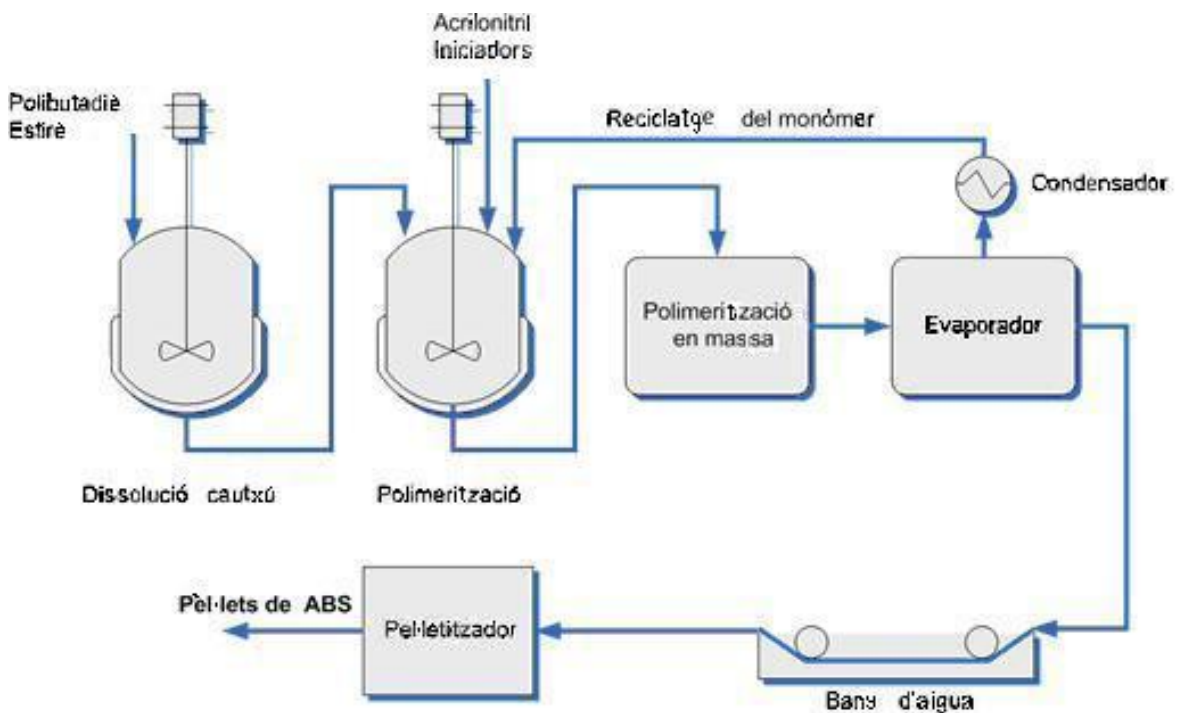


Figura 4.4. Producció d'ABS utilitzant la polimerització en massa<sup>5</sup>

En canvi, la polimerització en emulsió es realitza mitjançant normalment reactors *batch*, essent un total de 3 reactors. En el primer dels tres es realitza la polimerització del butadiè, on també hi ha presència d'aigua, emulsionants i iniciadors. El producte d'aquest reactor alimenta a un segon reactor on se li afegeix acrilonitril, estirè iniciadors i emulsionants, per tal de produir el producte essencial de la polimerització en emulsió: el làtex, una dispersió aquosa de partícules de polímers amb una certa aparença lletosa. En aquest cas, el làtex conté entre 30-50% de polímer i la resta principalment és aigua.

El làtex d'ABS, que és el producte final d'aquest segon reactor, alimenta l'últim reactor on s'afegeixen antioxidants i coagulants (com el  $H_2SO_4$ ) i vapor a unes temperatures d'entre 80-100 °C per facilitar la recuperació de làtex d'ABS. Finalment, es fa un tractament per tal d'aïllar la resina d'ABS.

Generalment, els requisits d'energia per aquest tipus de polimerització són més grans respecte a la polimerització en massa, això és degut a l'energia utilitzada per tal de recuperar el polímer. A més, tot el procés de la polimerització en emulsió genera una gran despesa d'energia en el tractament d'aigües residuals, ja que es fa servir una gran quantitat d'aigua. A la Figura 4.5 es pot observar un resum gràfic de la polimerització en emulsió.

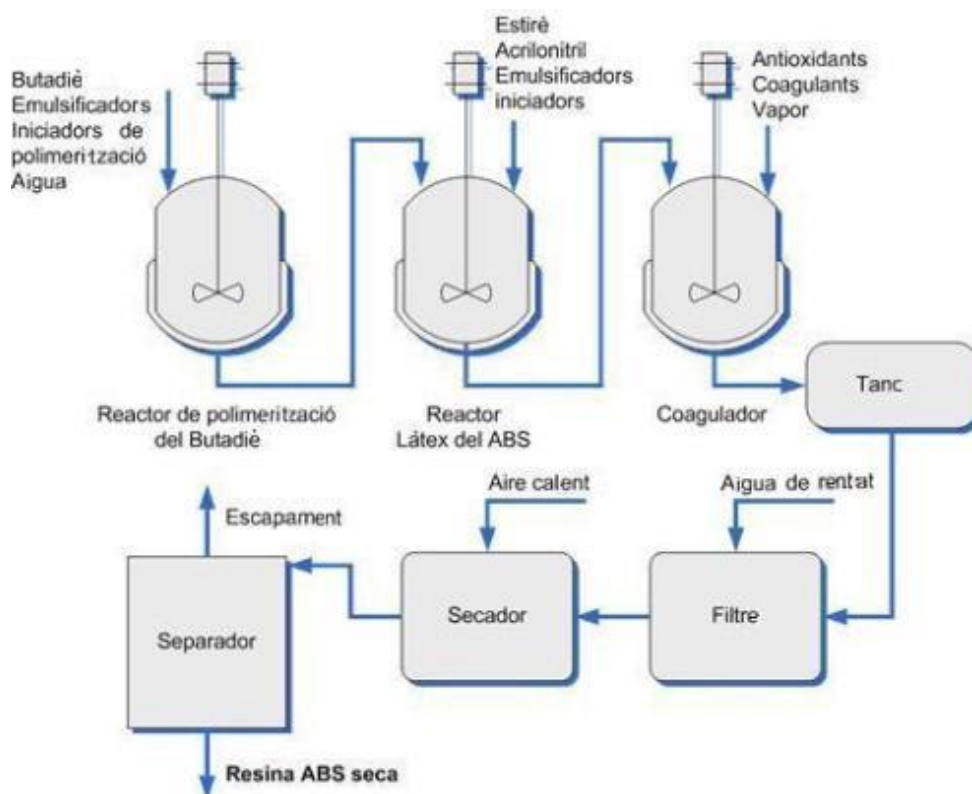


Figura 4.5. Producció d'ABS utilitzant la polimerització en emulsió<sup>5</sup>

#### 4.1.3.1 Història de la polimerització en emulsió

Els orígens d'aquest tipus de polimerització es troben a l'època de la Segona Guerra Mundial per tal d'imitar el famós cautxú natural, ja que aquest era molt escàs, produint el làtex. En un primer moment, aquesta polimerització només estava enfocada a la producció de cautxús sintètics (com el d'estirè-butadiè, també conegut com a SBR), però gràcies a la seva versatilitat es va expandir l'ús d'aquesta polimerització per produir una àmplia gamma de diferents polímers.<sup>6</sup>

Gràcies a la polimerització en emulsió es va aconseguir dispersar els monòmers en fase aquosa amb l'ajuda d'emulsionants per polimeritzar-los de manera que les partícules de polímer resultant es mantinguessin en la fase aquosa, formant així una emulsió estable.

#### 4.1.3.2 Característiques de la polimerització en emulsió

La polimerització en emulsió és un tipus de polimerització radicalària en fase heterogènia, on en la Figura 4.6 es poden observar les 4 etapes diferenciades d'aquesta reacció: la iniciació, la propagació, la terminació i les reaccions de transferència de cadena.<sup>1,6</sup>

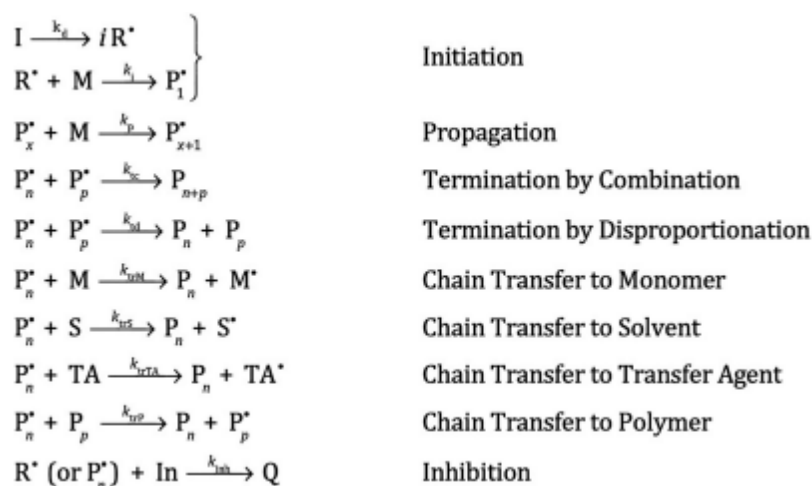


Figura 4.6. Etapes de la polimerització radicalària heterogènia<sup>6</sup>

En primer lloc, es produeix la iniciació, on un iniciador es descompon per produir radicals lliures que reaccionen amb els monòmers de la reacció, formant una espècie radicalària inicial.

A continuació, es dona l'etapa de propagació, que implica l'addició successiva de molècules de monòmer que propaguen la cadena polimèrica. En aquesta etapa el pes molecular de polímer augmenta ràpidament.

Per acabar, es produeix l'etapa de terminació, que pot ser per recombinació, on dos radicals generen una única molècula de polímer, o per desproporció, on una cadena extreu un hidrogen d'una altra creant dues molècules.<sup>6</sup>A la Figura 4.7 podem observar un esquema de les reaccions d'aquestes 3 etapes on l'etapa de terminació és realitzada per recombinació.

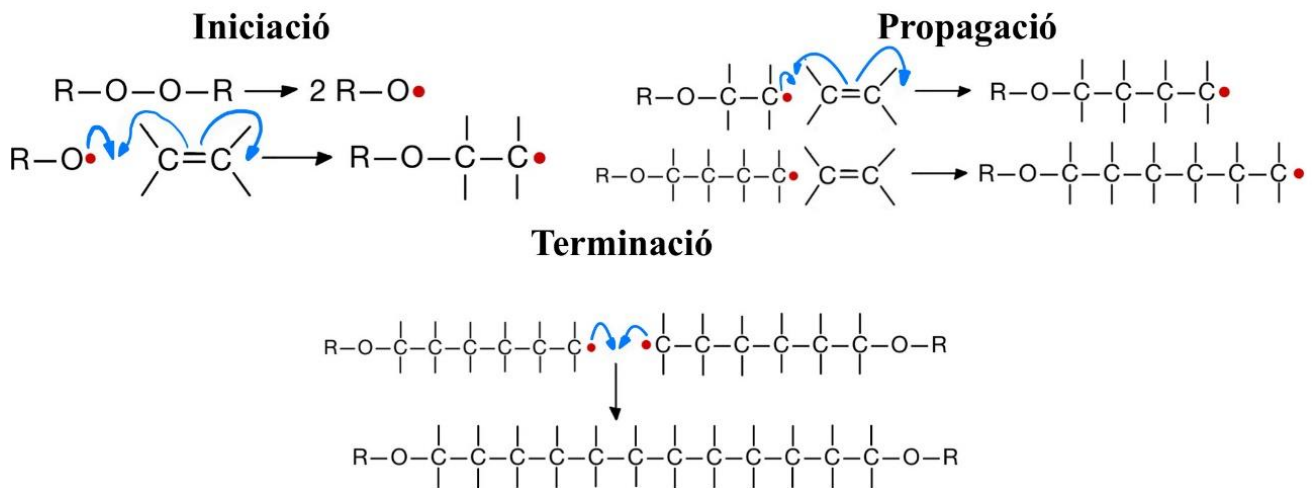


Figura 4.7. Iniciació, propagació i terminació per recombinació

També es poden observar les reaccions de transferència de cadena, més conegudes com a *chain transfer reaction*. En aquestes reaccions es produeix un nou radical a causa de l'extracció d'un electró d'una molècula que pertany a la mescla de polimerització. Si aquesta molècula fou un inhibidor o un retardant, el radical d'aquesta reacció no es propagaria. Degut aquest últim fenomen, la *chain transfer reaction* es considera un tipus d'etapa de terminació.<sup>6,7</sup>

#### 4.1.3.3 Polimerització de l'ABS

La polimerització de l'ABS a escala industrial és un exemple de polimerització en emulsió, com s'ha vist en l'apartat anterior. Com s'ha comentat en l'Apartat 4.1.2, l'ABS està format per una matriu de SAN on hi ha dispersos dominis formats per cadenes de polibutandiè, formant un copolímer empeltat amb gran pes molecular. Aquest procés es pot dividir en 3 etapes ben diferenciades, com es pot observar en la Taula 4.2.

Taula 4.2 Etapes del procés de producció d'ABS

### Etapes del procés industrial de l'ABS

- Producció de làtex de polibutadiè
- Empelt de la barreja d'estirè i acrilonitril a la base de polibutadiè, conegut com a cauxú empeltat
- Estabilització i Tractament del cauxú empeltat

Cal esmentar que a l'hora de produir el copolímer de SAN, s'utilitza normalment la polimerització en massa, i no la polimerització en emulsió. La producció de SAN per polimerització en *bulk* té grans avantatges ambientals; com ara eliminar pràcticament tots els elements volàtils durant el procés o no generar aigües residuals, però també suposa certs inconvenients, com la impossibilitat d'arribar a masses moleculars elevades per l'alta viscositat de la mescla de polimerització.<sup>1</sup>

Tot i això, atès que la producció del polibutadiè es realitza mitjançant la polimerització en emulsió, les reïnes d'ABS es duen a terme mitjançant aquest tipus de tècnica.

#### 4.1.3.3.1 Producció de làtex de polibutadiè

Per produir el làtex, el butadiè es polimeritza en un rang de temperatura de 5-75 °C i a unes pressions de fins a 12 bar, sent aquestes les condicions òptimes per aquesta polimerització. La polimerització per obtenir el làtex comença amb iniciadors radicalaris específics, com ara peroxodisulfats o peròxids orgànics, utilitzant aigua com a dissolvent. Aquest últim tipus d'iniciador permet que la polimerització tingui una velocitat de reacció elevada a temperatures baixes així com modificar i millorar la microestructura del polibutadiè. Per tal d'estabilitzar les partícules de làtex de polibutadiè s'usen emulsionants aniònics. Un avantatge d'aquest procés és que el làtex produït posseeix partícules petites, ja que tenen una producció més ràpida envers les partícules grans.<sup>1</sup>

En el procés de polimerització del butadiè, aquest monòmer pot unir-se a la cadena polimèrica formant polibutadiè mitjançant dos mecanismes diferents: la poliaddició 1,2 i la poliaddició 1,4, com s'observa a la Figura 4.8. En la poliaddició 1,2, el monòmer de butadiè s'incorpora a la cadena polimèrica a través dels seus carbonis 1 i 2, donant com a resultat una estructura on el grup vinil es troba com a substituent lateral del polímer. Per contra, en la poliaddició 1,4, el monòmer de butadiè s'uneix a la cadena polimèrica a

través dels seus carbonis 1 i 4, formant una estructura més lineal. Aquesta última configuració pot presentar-se en dues isomeries geomètriques: *cis* i *trans*.

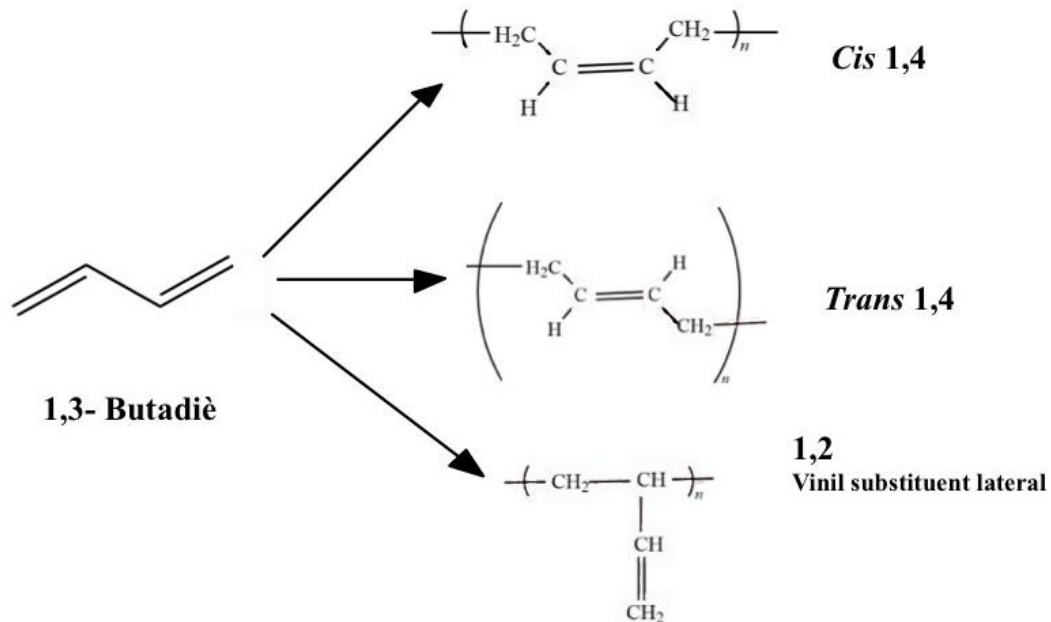


Figura 4.8. Polimerització del polibutadiè

#### 4.1.3.3.2 Producció del cautxú empeltat

Quan es polimeritza una mescla de monòmers d'estirè i acrilonitril en presència de la base del polibutadiè es forma el cautxú empeltat d'ABS, un polibutadiè empeltat de forma interna amb SAN, sent aquesta una reacció exotèrmica en què es desprèn al voltant de 840 kJ/kg.<sup>1</sup>

La cinètica de la reacció de la producció del cautxú empeltat d'ABS es descriu segons la teoria de Smith-Ewart, on la velocitat de la reacció de polimerització depèn i és proporcional a la quantitat de partícules del polímer.<sup>8</sup> L'equació de la velocitat ( $R_p$ ), mesurada en mol/ (m<sup>3</sup>·s), segueix la Fórmula 4.1:

$$R_p = \frac{k_p \cdot M_p \cdot \bar{n} \cdot N}{N_A}$$

Fórmula 4.1. Equació cinètica de Smith-Ewarts<sup>9</sup>

On  $R_p$  és la velocitat de reacció comentada anteriorment;  $k_p$  és la constant de velocitat, expressada en m<sup>3</sup>/(mol s);  $M_p$  és la concentració de monòmer en la partícula, expressada en mol/ m<sup>3</sup>;  $\bar{n}$  és la mitjana de radicals lliures per partícula, sent un valor adimensional;

$N$  és el nombre de partícules per unitat de volum, expressat en  $\text{m}^{-3}$  i  $N_A$  és el nombre d'Avogadro, expressat en  $\text{mol}^{-1}$ .<sup>8</sup>

Aquest model cinètic es va desenvolupar basant-se en les presumpcions que es troben a la Taula 4.3:

**Taula 4.3** Presumpcions en la teoria Smith-Ewart<sup>9</sup>

#### Presumpcions en la teoria Smith-Ewart

- No es produeix nucleació ni coagulació de partícules, el nombre de partícules per unitat de volum d'aigua es manté constant durant la polimerització.
- La distribució de la mida de les partícules és relativament monodispersa.
- No es produeix la desorció de radicals lliures fora de les partícules.
- La terminació bimolecular del radical polimèric dins de la partícula, després de l'entrada d'un radical oligomèric des de la fase aquosa, és instantània.

#### 4.1.3.3 Estabilització i tractament del cautxú empeltat

Després de finalitzar la polimerització, es realitza el tractament de l'ABS empeltat. L'excés d'iniciador peròxid es redueix amb hidroximetansulfinat de sodi, on podem veure la seva fórmula estructural a la Figura 4.9. Per tal de protegir el cautxú resultant de l'oxidació durant el procés d'assecatge, s'afegeixen estabilitzadors, on aquests solen incloure antioxidants fenòlics. Aquests additius han de ser poc volàtils i complir amb les normatives de toxicitat i protecció del medi ambient.<sup>1</sup>

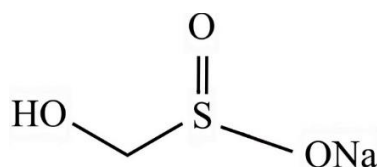


Figura 4.9. Hidroximetansulfinat de sodi

Per tal d'aïllar el cautxú d'ABS del làtex polimèric del procés s'han de desactivar els emulsionants utilitzats en el procés amb àcid diluït; en el cas de ser carboxilats alcalins, o amb solucions aquoses diluïdes d'electròlits inorgànics, com ara el  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ; si són emulsionants basats en sulfonats d'alquil.<sup>1</sup>

És essencial aconseguir un control estricte en la precipitació i aïllament final del cautxú d'ABS per aconseguir una estructura de partícula uniforme, així com una bona distribució

de mida de partícula, per tal de rentar amb facilitat els additius de polimerització. És summament important no obtenir pols gruixuda ni extremadament fina, ja que aquest fenomen pot afectar directament a l'assecatge del procés i pot provocar problemes de filtració, respectivament. Cal recalcar que en tot moment es reciclen les aigües residuals del procés.<sup>1</sup>

El cautxú resultant conté un alt contingut d'aigua, aproximadament d'un 15-40% en pes. A causa d'aquesta quantitat, el producte humit s'asseca fins a aconseguir un contingut d'humitat no superior a 1%.<sup>1</sup>

## 4.2 Producció d'ABS en el món de l'automoció

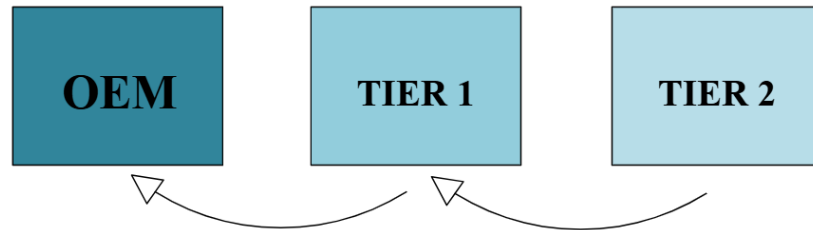
Tal com s'ha explicat en l'Apartat 4.1.2, l'ABS es troba en molts dels mercats claus actuals pels polímers termoplàstics, com per exemple el mercat de la salut; béns de consum; electrodomèstics, etc. Un dels mercats més importants per aquest copolímer és el mercat de l'automoció, gràcies a les característiques que constitueixen aquest copolímer, com per exemple la seva resistència a l'impacte o la fluïdesa que poden optar diferents tipus de reïnes d'ABS, fent que sigui un dels polímers termoplàstics més sol·licitats pels *Tiers* i *Oems*, per tal de realitzar la fabricació de diferents peces pels seus productes amb característiques molt diverses.

### 4.2.1 *Tiers* i *OEMs*

Actualment, en el món de l'automoció les diferents empreses del sector s'agrupen segons l'aportació a la indústria automotriu, donant lloc a les empreses anomenades tipus *Tier* o *OEM*.

En el cas de les empreses tipus *OEM*, de l'anglès *Original Equipment Manufacturer*, són aquelles institucions que fabriquen directament peces per les empreses de primer nivell de vendes d'automòbil. En canvi, les organitzacions tipus *Tier* són aquelles que produeixen als diferents nivells dels proveïdors de la cadena de subministrament. Per exemple, els *Tiers* de primer nivell venen els seus productes directament als *OEMs* i els *Tiers* de segon nivell venen els seus productes als *Tiers* de primer nivell,<sup>10</sup> on es pot observar aquesta cadena *Tier-OEM* en l'Esquema 4.1.

Tanmateix, aquestes empreses per tal d'aconseguir els estàndards de qualitat necessaris a la indústria automotriu, poden optar per la implementació de la normativa d'automoció ISO IATF 16949.



*Esquema 4.1. Relació TIER-OEM*

## 4.2.2 ISO IATF 16949

En l'actualitat, el món de l'automoció ha evolucionat fins a tal punt de necessitar un control de qualitat d'excel·lència per garantir la màxima qualitat en tots els seus productes. Per aquest motiu es va crear la normativa ISO IATF 16949, promulgada per la *AIAG (Automotive Industry Action Group)* i la *VDA (Verband der Automobilindustrie)*, dos dels grans grups en el món de l'automoció. Dintre d'aquestes organitzacions trobem moltes de les grans empreses amb més renom d'aquest sector de l'automoció, com ara *Ford* o *Mercedes*. Per tal d'aconseguir el control de qualitat necessari per a validar aquesta normativa, s'utilitzen les *Core Tools*.

### 4.2.2.1 Les *Core Tools* d'automoció

Les *Core Tools* són una sèrie d'estris utilitzats a la indústria per tal de garantir un control de qualitat satisfactori dels productes d'una empresa, i que s'expliquen breument a la Taula 4.4. Aquests es consideren de gran importància per la *AIAG* i l'*VDA* per la qualitat dels productes d'automoció, sent eines indispensables per la implementació de la normativa ISO IATF 16949.

Taula 4.4 *Core Tools*

### *Core Tools*

- **APQP** “*Advances Product Quality Planning*”: mètode estructural per tal de seguir les diferents etapes del procés per assegurar que un producte satisfaci el client.
- **PPAP** “*Product Part Approval Process*”: es basa en els requisits necessaris per aprovar la producció del procés per tal d’aconseguir la satisfacció del client, on un dels necessaris es duu un diagrama de flux del procés.
- **Pla de control**: *Core Tool* que ajuda a identificar les característiques més importants del procés o d’un producte, on aquestes han d’estar controlades, saber la maquinària necessària i possibles plans de reacció per algun possible error.
- **AMFE** “*Failure Model and Effects Analysis*”: tècnica utilitzada per tal de trobar els possibles errors i efectes potencials d’un procés o del disseny de producte i avaluar-los; assegurant que s’han considerat els veritables problemes potencials que poden haver-hi i trobar una prevenció a aquests, on treballen conjuntament tots els departaments involucrats en el procés.
- **SPC** “*Statistical Process Control*”: *Core Tool* que s’encarrega de la mesura estadística i l’ús dels gràfics de control d’aquelles característiques que s’han identificat com importants.
- **MSA** “*Measurement Statistical Analysis*”: anàlisi estadística que ajuda a la disminució de riscos en el moment de prendre una decisió respecte a la mesura estadística d’una part del procés descrit al pla de control.

Gràcies a l’ús d’aquestes eines, una empresa pot demanar una auditoria per tal de saber si compleix les normatives per implementar la normativa ISO IATF 16949 o, si més no, saber si actualment es podria considerar aquesta possibilitat o si és viable a curt o a llarg termini.

## 5. Part experimental

La part experimental d'aquest treball s'ha centrat en el tractament estadístic de les *Core Tools*, concretament en el SPC i MSA. Durant l'estada es van desenvolupar altres tipus de *Core Tools* per arribar a aquest punt de valoració estadística, com el diagrama de flux del procés d'ELIX, relacionat amb el PPAP (Annex 1); el pla de control, on es poden observar una part a l'Annex 2 i finalment una part de l'AMFE del procés (Annex 3), on per avaluar-ho s'han utilitzat les Taules de Severitat, Ocurrència, Detecció i Prioritat d'acció, on totes aquestes taules es poden trobar a l'Annex 4. Si més no, a l'hora de fer ús de les *Core Tools* esmentades i sobretot amb el futur estudi estadístic d'aquest projecte es va començar a veure de manera viable una possible implementació de la normativa ISO IATF 16949.

Observant el pla de Control i l'AMFE del procés a ELIX, s'ha detectat un paràmetre crític clau en el món de l'automoció, l'índex de fluïdesa, que s'avaluarà mitjançant un estudi estadístic per tal d'elaborar una avaluació robusta i consistent respecte a la qualitat d'assaig d'aquesta propietat. ELIX determina aquesta propietat mitjançant la tècnica del MVR, explicada en l'Apartat 5.1 i marcada en color vermell al pla de control i a l'AMFE de l'empresa, a l'Annex 2 i a l'Annex 3, respectivament.

### 5.1 L'índex de fluïdesa, *Melt Volume Rate (MVR)* i *Melt Flow Rate (MFR)*

L'índex de fluïdesa és una propietat física que mesura la capacitat de flux d'un material, en el cas d'aquest projecte s'aplicarà a materials termoplàstics fosos. Aquesta característica és una de les més crítiques a complir en el sector de l'automoció, ja que durant el disseny de la peça i la selecció del material per aquesta aplicació, s'haurà de garantir que es compleixin els estàndards de qualitat i prestacions requerides.

Dues de les tècniques més utilitzades per mesurar l'índex de fluïdesa són les tècniques esmentades a la Taula 5.1, la tècnica del MVR, de l'anglès *Melt Volume Rate*, i la tècnica del MFR, de l'anglès *Melt Flow Rate*. En el cas d'aquest projecte s'ha optat per estudiar la tècnica del MVR, ja que com s'ha comentat anteriorment és la que es fa servir habitualment a les instal·lacions d'ELIX.

Taula 5.1 Tècniques de mesura MVR i MFR<sup>11</sup>

### Tècniques de MVR i MFR:

- MVR: mesura la fluïdesa dels termoplàstics determinant el volum extrudit que travessa un broquet de dimensions i propietats específiques sota una temperatura i una càrrega de pes en un període de 10 minuts, expressat en cm<sup>3</sup>/10 min.
- MFR: mesura la fluïdesa dels termoplàstics determinant el pes extrudit que travessa un broquet de dimensions i propietats específiques a una temperatura i una càrrega de pes en un període de 10 minuts, expressat en g/10 min.

Per convertir la mesura de MVR a MFR (o viceversa) sense utilitzar un altre procediment físic, es fa ús de la densitat. Cal destacar que es tracta de la densitat de la resina d'ABS en estat fos, que normalment té un valor o és pròxim a 1 g/cm<sup>3</sup>. Això permet menysprear la densitat, de manera que els valors de MVR i MFR habitualment no presenten cap variació significativa entre ells.

#### 5.1.1 Mesura de l'índex de fluïdesa mitjançant MVR

En el cas d'ELIX, el MVR es mesura amb l'instrument *GÖTTFERT, model PCE Melt Indexer MI2.1, serial núm. 10002019*, on podem veure una imatge d'aquest instrument a la Figura 5.1. ELIX segueix la normativa ISO 1113 per tal d'exercir aquesta tècnica als seus laboratoris.

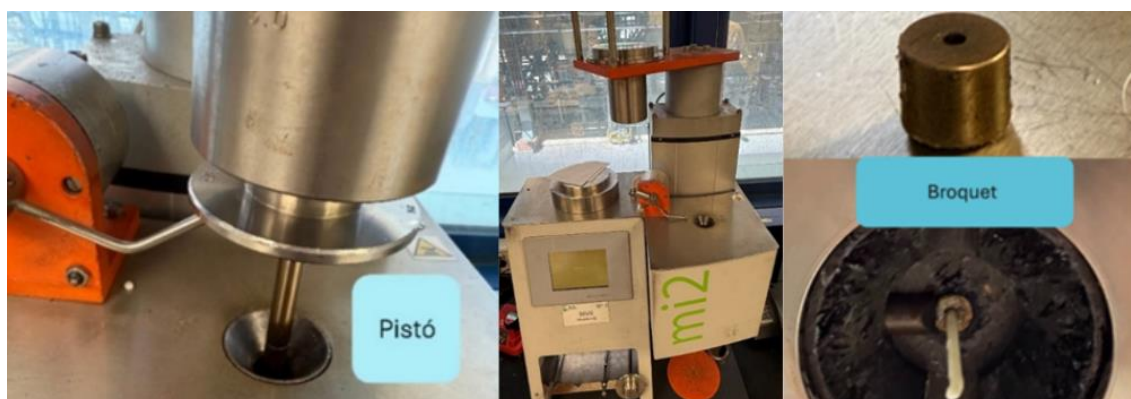


Figura 5.1. Instrument *GÖTTFERT, model PCE Melt Indexer mi2.1, serial núm. 10002019*

A l'hora d'iniciar la mesura es pesa una quantitat aproximada entre ■ grams, depenent del resultat esperat del MVR com es pot veure en la Taula 5.2. Cal recalcar que les mostres s'hauran d'assecar prèviament abans de pesar-les seguint les especificacions de la norma

interna per a cada tipus de polímer. És necessari que l'instrument estigui net i ha d'estar 15 minuts a la temperatura de treball abans de començar la mesura.

Taula 5.2. Quantitat de mostra a pesar per Índex de fluïdesa esperat<sup>12</sup>

Índex de fluïdesa esperat (cm <sup>3</sup> /10 min)	Quantitat de mostra a pesar (grams)
██████████	██████████
██████████	██████████
██████████	██████████

Seguidament, es col·loca la mostra pesada i el pistó dins del cilindre de l'instrument tal com es mostra també a la Figura 5.1. Es deixa escalfar l'equip durant aproximadament 5 minuts. Després, s'engega l'instrument i se selecciona el programa adequat per a realitzar l'assaig. Cal esperar fins que les condicions de treball siguin òptimes, segons la temperatura i el pes establerts per la normativa ISO 1113. En aquest treball, s'ha utilitzat una temperatura de 220 °C i un pes de 10 kg, generat per un suport amb dues peses de 5 kg cadascuna.

A continuació, es clica el botó *ENSAYO* que observem en la Figura 5.2 per tal de començar l'anàlisi, on al cap de 5 minuts començaran a sortir en la mateixa pantalla els diferents valors resultants de l'anàlisi, on l'últim valor mostrat és la mitjana de tots resultats obtinguts per l'instrument.



Figura 5.2. Pantalla Instrument GÖTTFERT

A l'hora de procedir amb la neteja de l'instrument, cada part requereix una neteja específica, tal com s'explica a la Taula 5.3. Aquesta etapa és crucial per al desenvolupament analític d'aquesta mesura, ja que una neteja inadequada pot provocar desviacions sobtades en els resultats obtinguts, donant valors erronis.

Taula 5.3 Neteja instrument GÖTTFERT<sup>12</sup>

### Neteja instrument GÖTTFERT

- Pistó: [REDACTED]
- Broquet: [REDACTED]  
[REDACTED]  
[REDACTED]  
[REDACTED]  
[REDACTED]
- Cilindre: [REDACTED]  
[REDACTED]

## 5.2 Materials analitzats: Pellets d'ABS tipus H604 i P2MC

Per verificar que se segueixen els controls de qualitat establerts per la normativa d'automoció s'ha optat per desenvolupar un estudi estadístic, corresponent a les *Core Tools* SPC i MSA, de certs productes d'ELIX amb grans lots per automoció mitjançant els seus valors de MVR. Si aquest estudi dona bons resultats, es podria verificar que hi ha un **elevat control del procés** de l'empresa per aquesta propietat, assegurant un **adequat control de qualitat**.

Els materials triats per desenvolupar aquest estudi són els pellets d'ABS tipus *H604* i *P2MC*, noms interns d'ELIX per referenciar aquests diferents tipus de pellets d'ABS, on a la Figura 5.3 es pot observar un d'ells, on tots dos tipus posseeixen la mateixa forma característica de les reïnes d'ABS, però posseeixen propietats físiques i químiques diferents. S'han triat aquests dos tipus perquè són dues de les reïnes més sol·licitades per empreses dedicades a l'automoció.

Per una banda, l'*H604* és un tipus de pellet d'ABS amb una gran resistència química, amb característiques com produir baixes emissions de compostos orgànics volàtils i una gran resistència a temperatures moderades. Aquest material s'utilitza sobretot per carcasses de miralls o per components de portes d'automòbils, entre d'altres.

Per altra banda, el *P2MC* és també un tipus de pellet d'ABS servit per ser cromat sent ideal per aplicacions decoratives, amb una gran resistència a la calor, on és d'esperar que aquest material tingui un valor de MVR més alt, ja que ha d'adoptar formes molt més complexes, com ara els diferents logotips de diferents marques d'automoció.



Figura 5.3. Pellets d'ABS



### 5.3 Estudi estadístic R&R mitjançant el *Software MINITAB*

A l'hora de realitzar l'estudi estadístic s'ha fet ús del *Software MINITAB*, un programa de *Software* estadístic dissenyat per analitzar dades de manera ràpida i eficaç. Per realitzar aquest estudi s'han analitzat dades dels valors de MVR dels dos tipus de reïnes d'ABS comentades en l'Apartat 5.2.

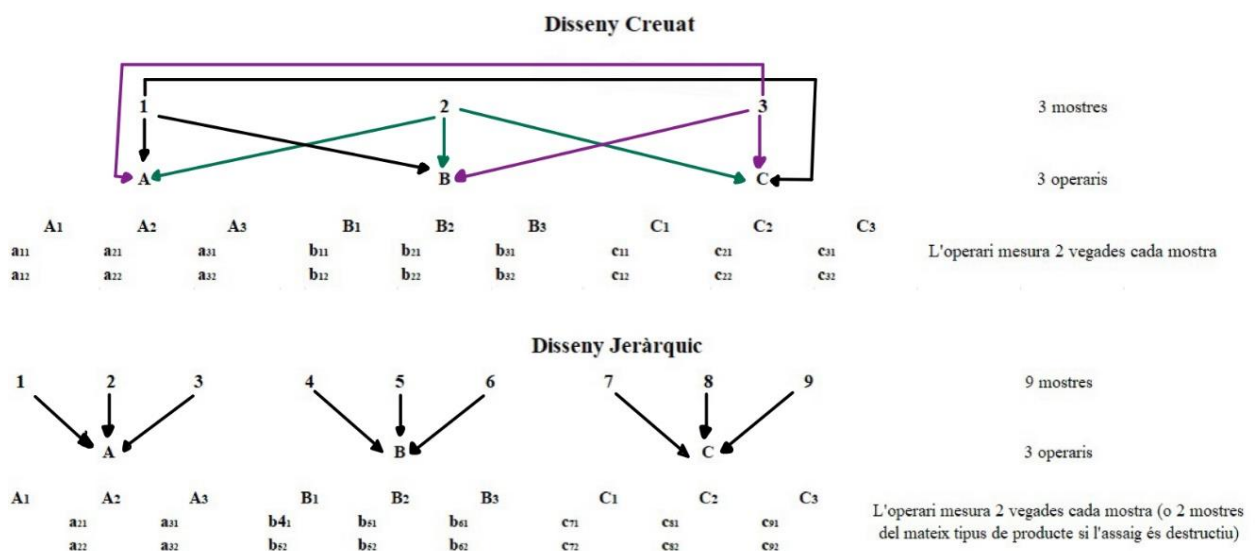
L'estudi designat a l'hora de realitzar aquest projecte fou un estudi de Repetibilitat i Reproductibilitat, més conegut com a **estudi R&R**, per fer la valoració de les *Core Tools* estadístiques. Aquest tipus d'estudi té un gran pes en les àrees de qualitat, ja que l'objectiu d'aquest és avaluar la precisió d'un instrument de mesura. Per realitzar-ho, s'han utilitzat dades de diferents operaris, un dels quals fou l'autor d'aquest projecte, tenint un total de 90 mesures per cada tipus de pellet d'ABS per a 3 operaris, sent un total de 30 mesures

per operari, de les quals la meitat provenien de produccions diferents de cada reïna d'ABS. Així es tindrà un nombre idoni de mesures per dur a terme aquesta anàlisi.

És important mencionar quin tipus de disseny d'estudi R&R s'ha seleccionat per fer aquesta part del projecte. Els dos mètodes més utilitzats a l'hora de fer servir un estudi d'aquestes característiques són el disseny creuat i el disseny jeràrquic, on es pot observar un breu esquema d'aquests dissenys a l'Esquema 5.1.

En primer lloc, es presenta l'estudi amb disseny creuat, en el qual totes les mostres són mesurades diverses vegades per cada operari, on es permet avaluar la variabilitat en les mesures de manera més precisa, ja que cada operari analitza totes les mostres, reduint així la influència de les diferències individuals entre operaris, en el qual en aquest tipus de disseny s'utilitza l'ANOVA de dos factors.<sup>13</sup>

D'altra banda, el disseny jeràrquic es fa servir especialment per a tècniques de mesura destructives, com és el cas d'aquest treball. En aquest cas, cada operari analitza diverses mostres amb característiques similars per minimitzar la variabilitat entre elles, considerant-les com una única mostra. Això permet considerar-les com una sola unitat d'anàlisi. En aquest tipus de disseny s'utilitza l'ANOVA jeràrquica (d'on prové el nom d'aquest disseny).<sup>13</sup>



Esquema 5.1. Disseny Creuat i Jeràrquic

## 6. Resultats i discussió dels estudis R&R

En aquest apartat es presenten i s'analitzen els resultats obtinguts dels diferents estudis R&R de les reïnes d'ABS tipus *H604* i *P2MC* d'ELIX, utilitzant un disseny jeràrquic. Els valors experimentals obtinguts per a desenvolupar aquest estudi es poden trobar a l'Annex 5. Tal com s'ha comentat anteriorment, aquest estudi vol demostrar que en les instal·lacions de l'empresa hi ha un **excel·lent control de qualitat**, facilitant així el possible desenvolupament de la implementació de l'estàndard d'automoció ISO IATF 16949.

En primer lloc, es van dur a terme 2 estudis R&R; un per a cada tipus de pellet d'ABS. Com s'ha comentat, cada operari va realitzar 30 mesures per cada tipus de reïna, de les quals 15 provenien de produccions diferents, per tal d'analitzar els resultats per a cada producció.

Per acabar, es va realitzar un últim estudi R&R amb tots els resultats obtinguts d'ambdues reïnes d'ABS, amb l'objectiu de comparar i contrastar les dades de les diferents produccions per validar completament l'instrument de mesura de l'índex de fluïdesa.

### 6.1 Estudi R&R H604

*Aquest apartat és de caràcter confidencial i no es mostrarà públicament.*

### 6.2 Estudi R&R P2MC

*Aquest apartat és de caràcter confidencial i no es mostrarà públicament.*

### 6.3 Estudi R&R H604/P2MC

*Aquest apartat és de caràcter confidencial i no es mostrarà públicament.*

## 7. Conclusions

### Català:

En conclusió amb el treball realitzat, s'ha pogut investigar i documentar la possible implementació de la normativa d'automoció ISO IATF 16949, per tal d'assegurar un bon control de qualitat a l'empresa ELIX Polymers S.L, mitjançant estudis estadístics R&R.

A l'hora de realitzar els estudis estadístics individuals per cada tipus d'ABS s'han observat possibles *Outliers* pel producte *H604* i cap pel *P2MC*. Aquest fenomen a hores de realitzar el projecte no tenia una explicació del tot clara i precisa, tot i que es pensa que no es podria descartar que fos per factors d'operari, com ara la neteja de l'instrument.

D'acord amb els resultats obtinguts, s'ha pogut determinar que l'empresa ELIX Polymers, S.L segueix un adequat control de qualitat, pel que fa a la propietat MVR. Tot i això, es pensa que es podien realitzar altres tipus d'estudis estadístics per validar els resultats obtinguts o millorar l'avaluació realitzada sense la presència de possibles *Outliers*.

Els resultats permeten recomanar aquests estudis per a totes les propietats essencials en el sector de l'automoció, com la resistència a l'impacte, per tal d'assegurar un control de qualitat òptim en totes les propietats dels productes ABS per automoció d'ELIX.

Finalment, els resultats d'aquest projecte també corroboren l'elevada robustesa dels procediments, fent pensar que si es realitzen els estudis estadístics pertinents per a totes les propietats, la possible implementació de l'estàndard d'automoció ISO IATF 16949 és una opció viable amb vista a futur, generant una millor qualificació per l'empresa en la venda dels seus productes en el món de l'automoció.

### **English:**

In conclusion, with the work carried out, it has been possible to investigate and document the possible implementation of the automotive standard ISO IATF 16949, in order to ensure good quality control at the company ELIX Polymers S.L., through R&R statistical studies.

When conducting individual statistical studies for each type of ABS, possible outliers were observed for the product H604 and none for the product P2MC. This phenomenon, at the time of completing the project, did not have a clear and precise explanation, although it is thought that it could not be ruled out that it was due to operator factors, such as instrument cleaning.

Nevertheless, thanks to the results obtained, it has been determined that ELIX Polymers S.L. maintains good quality control for the MVR property. However, it is thought that other types of statistical studies could be carried out to validate the results obtained or improve the evaluation performed without the presence of possible Outliers.

Furthermore, it is thought that these studies should be carried out for all essential properties for the automotive world, such as toughness to ensure good quality control in all properties of ELIX automotive ABS products.

Finally, the results of this project also corroborate the presence of very high robustness in the procedures, suggesting that if the relevant statistical studies are carried out for all properties, the possible implementation of the automotive standard ISO IATF 16949 is a viable option for the future, generating a better qualification for the company in the sale of its products in the automotive world.

## 8. Annexos

### Annex 1: Diagrama de flux del procés

Op. Seq	Tank	Reactor	Control	Process	Desgassing	Plant	OPERATION DESCRIPTION	OUTPUTS	INPUTS
							BRM (Basic Raw Materials)		
1a; 1b							Receive BRM and No BRM and Control	PO for material; required lot size, packaging type	SAP Approved it
2							GB's Reactor	Intermediate products	Mixture Receipt
3							Save latex intermediate and Control	Material Specification	Lab Analysis (As required)
4							SAN Plant	SAN Composition	Lab Analysis (As required)
5							Graft B1/B4 Reactor	Intermediate products	Mixture Receipt
6							Desgassing		
7							B1/B4 intermediates Control	Material Specification	Lab Analysis (As required)
8							Mix w/ Stabilizer and Precipitation (No BRM)	Intermediate products	SAP Approved It
9							Washing	Control Water Process	
10a							Extrusion	Final Product and last Intermediate Product	
11a							Drying		
10b;11b							Intermediate Control	Control Product	Lab Analysis (As required)
12							Finished Final product & Control	Final Product Analysis	SAP Verification
13							Packaging and Seld	Seld Product	Ship material
12'							Save intermediate and No BRM control	Correct intermediate product and raw material	SAP Approved It
14							Weighing and Color premix	Weight and Color Control	Intermediate Control
15							Dosification control	Online Control	
16							Control During Production		
17							Finished Product Control	Final Product Results	Lab Analysis (As required)
18							Lot Release	SAP Verification	
19							Packaging and Seld	Seld Product	Ship material

## Annex 2: Part del pla de control d'ELIX Polymers, S.L

Production Control Plan		Key Contact/Phone		Date (Orig)		Date (Rev)						
Various. See Product Specification Database		Core Team		Customer Engineering Approval/Date (if Req'd)		Customer Engineering Approval/Date (if Req'd)						
Supplier/Plant		Supplier/Plant Approval/Date		Customer Quality Approval/Date (if Req'd)		Customer Quality Approval/Date (if Req'd)						
Elix Polymers SL		Other Approval/Date (if Req'd)		Other Approval/Date (if Req'd)		Other Approval/Date (if Req'd)						
Process Number	Process Name/Op description	Machine, Device Jig, Tools For Mig.	Characteristics			Special Char. Class.	Product/Process Specification/Tolerance	Evaluation Measurement Technique	Methods		Control Method	Reaction Plan
			No.	Product	Process				Sample Size	Freq.		
12	Save intermediate and No BRM Control		[Redacted] [Redacted] [Redacted] [Redacted] [Redacted]	—		[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
17	Finished Product Control		[Redacted] [Redacted] (MVR)	—		[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
18	Lot Release		[Redacted]	—		[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]



### Annex 4: Taules Severitat, Ocurrencia, Detecció i Prioritat d'acció

Criterios de Severidad para su evaluación		
S	Efecto	Criterio de Severidad
10	Muy alto	[Redacted]
9		[Redacted]
8	Alto	[Redacted]
7		[Redacted]
6	Moderado	[Redacted]
5		[Redacted]
4		[Redacted]
3	Bajo	[Redacted]
2		[Redacted]
1	Muy bajo	[Redacted]

Posibilidad de Ocurrencia		
O	Predicción de Ocurrencia	Criterio de Ocurencia
10	Extremadamente Alto	[Redacted]
9	Muy alto	[Redacted]
8		[Redacted]
7	Alto	[Redacted]
6		[Redacted]
5	Moderado	[Redacted]
4		[Redacted]
3	Bajo	[Redacted]
2	Muy Bajo	[Redacted]
1	Extremadamente Bajo	[Redacted]

Posibilidad de Detección		
D	Capacidad de Detección	Madurez Método de Detección
10	Muy baja	[Redacted]
9		[Redacted]
8	Baja	[Redacted]
7		[Redacted]
6	Moderada	[Redacted]
5		[Redacted]
4	Alta	[Redacted]
3		[Redacted]
2		[Redacted]
1	Muy alta	[Redacted]

Prioridad de accion (AP)		
Tipo de Prioridad	Símbolo	Criterio AP
Alta	H	[Redacted]
Media	M	[Redacted]
Baja	L	[Redacted]

Prioridad de acción (AP) para AMFE-P AP Se basa en los resultados de Severidad, Ocurrencia i Detección							Prioridad de acción (AP) para AMFE-P AP Se basa en los resultados de Severidad, Ocurrencia i Detección								
Efecto	S	Predicción de ocurrencia	O	Capacidad de detección	D	PRIORIDAD DE ACCIÓN (AP)	Efecto	S	Predicción de ocurrencia	O	Capacidad de detección	D	PRIORIDAD DE ACCIÓN (AP)		
Efecto muy alto	9-10	Muy Alta	8-10	Bajo-Muy Bajo	7-10	H	Efecto moderado	4-6	Muy Alta	8-10	Bajo-Muy Bajo	7-10	H		
				Moderado	5-6	H					Moderado	5-6	H		
				Alto	2-4	H					Muy alto	1	M		
				Muy alto	1	M					Bajo-Muy Bajo	7-10	H		
		Alta	6-7	Bajo-Muy Bajo	7-10	H			Alta	6-7	Bajo-Muy Bajo	7-10	M		
				Moderado	5-6	H					Moderado	5-6	M		
				Alto	2-4	H					Alto	2-4	M		
				Muy alto	1	L					Muy alto	1	L		
		Moderada	4-5	Bajo-Muy Bajo	7-10	H			Moderada	4-5	Bajo-Muy Bajo	7-10	M		
				Moderado	5-6	H					Moderado	5-6	L		
				Alto	2-4	H					Alto	2-4	L		
				Muy alto	1	M					Muy alto	1	L		
	Baja	2-3	Bajo-Muy Bajo	7-10	H	Baja		2-3	Bajo-Muy Bajo	7-10	L				
			Moderado	5-6	M				Moderado	5-6	L				
			Alto	2-4	L				Alto	2-4	L				
			Muy alto	1	L				Muy alto	1	L				
	Muy baja	1	Muy alto-Muy Bajo	1-10	L	Muy baja		1	Muy alto-Muy bajo	1-10	L				
	Efecto alto	7-8	Muy Alta	8-10	Bajo-Muy Bajo	7-10		H	Efecto bajo	2-3	Muy Alta	8-10	Bajo-Muy Bajo	7-10	M
					Moderado	5-6		H					Moderado	5-6	M
					Alto	2-4		H					Muy alto	1	L
Muy alto					1	H	Muy alto	1					L		
Alta			6-7	Bajo-Muy Bajo	7-10	H	Alta	6-7			Bajo-Muy Bajo	7-10	L		
				Moderado	5-6	H					Moderado	5-6	L		
				Alto	2-4	H					Alto	2-4	L		
				Muy alto	1	M					Muy alto	1	L		
Moderada			4-5	Bajo-Muy Bajo	7-10	H	Moderada	4-5			Bajo-Muy Bajo	7-10	L		
				Moderado	5-6	M					Moderado	5-6	L		
				Alto	2-4	M					Alto	2-4	L		
				Muy alto	1	M					Muy alto	1	L		
Baja		2-3	Bajo-Muy Bajo	7-10	M	Baja	2-3	Bajo-Muy Bajo		7-10	L				
			Moderado	5-6	M			Moderado		5-6	L				
			Alto	2-4	L			Alto		2-4	L				
			Muy alto	1	L			Muy alto		1	L				
Muy baja		1	Muy alto-Muy Bajo	1-10	L	Muy baja	1	Muy alto-Muy bajo		1-10	L				
Efecto muy bajo		1	Muy bajo-Muy alto	1-10	Muy alto-Muy bajo	1-10	L								

## Annex 5: Dades obtingudes mitjançant MVR

P2MC								H604							
Muestra	Valor (cm <sup>3</sup> /10 min)	Analista	Muestra	Valor (cm <sup>3</sup> /10 min)	Analista	Muestra	Valor (cm <sup>3</sup> /10 min)	Analista	Muestra	Valor (cm <sup>3</sup> /10 min)	Analista	Muestra	Valor (cm <sup>3</sup> /10 min)	Analista	
1	23,385	GW	1	24,311	XB	1	23,620	JS	1	9,581	GW	1	11,234	XB	
2	23,445	GW	2	25,461	XB	2	23,722	JS	2	9,876	GW	2	11,923	XB	
3	24,673	GW	3	25,736	XB	3	24,443	JS	3	9,426	GW	3	12,021	XB	
4	24,073	GW	4	22,628	XB	4	24,931	JS	4	9,556	GW	4	11,423	XB	
5	24,045	GW	5	24,800	XB	5	26,629	JS	5	10,636	GW	5	11,834	XB	
6	23,934	GW	6	25,120	XB	6	25,112	JS	6	11,112	GW	6	11,268	XB	
7	24,795	GW	7	23,273	XB	7	24,818	JS	7	10,543	GW	7	11,387	XB	
8	24,089	GW	8	25,670	XB	8	24,652	JS	8	9,877	GW	8	8,688	XB	
9	24,225	GW	9	24,120	XB	9	25,560	JS	9	10,225	GW	9	11,777	XB	
10	24,005	GW	10	22,870	XB	10	21,329	JS	10	10,469	GW	10	11,438	XB	
11	25,125	GW	11	25,184	XB	11	21,065	JS	11	11,512	GW	11	11,945	XB	
12	23,356	GW	12	25,380	XB	12	22,830	JS	12	10,108	GW	12	8,121	XB	
13	24,089	GW	13	23,823	XB	13	23,842	JS	13	11,362	GW	13	11,555	XB	
14	26,114	GW	14	24,212	XB	14	23,096	JS	14	11,555	GW	14	11,400	XB	
15	23,461	GW	15	25,123	XB	15	23,941	JS	15	11,953	GW	15	10,802	XB	
16	25,225	GW	16	22,412	XB	16	25,072	JS	16	10,855	GW	16	11,369	XB	
17	27,085	GW	17	24,534	XB	17	23,100	JS	17	10,386	GW	17	10,813	XB	
18	25,812	GW	18	24,100	XB	18	23,660	JS	18	11,224	GW	18	11,733	XB	
19	23,371	GW	19	21,650	XB	19	26,317	JS	19	10,954	GW	19	11,956	XB	
20	26,335	GW	20	22,988	XB	20	23,129	JS	20	11,458	GW	20	10,110	XB	
21	25,206	GW	21	21,112	XB	21	25,570	JS	21	11,746	GW	21	10,234	XB	
22	25,015	GW	22	25,423	XB	22	23,322	JS	22	10,768	GW	22	11,798	XB	
23	24,222	GW	23	25,440	XB	23	23,100	JS	23	11,234	GW	23	11,534	XB	
24	24,339	GW	24	26,616	XB	24	25,011	JS	24	11,958	GW	24	11,909	XB	
25	26,761	GW	25	21,880	XB	25	26,200	JS	25	10,559	GW	25	11,621	XB	
26	25,876	GW	26	27,020	XB	26	23,610	JS	26	10,555	GW	26	11,745	XB	
27	23,231	GW	27	24,620	XB	27	23,841	JS	27	11,886	GW	27	11,882	XB	
28	24,169	GW	28	26,060	XB	28	23,936	JS	28	12,223	GW	28	13,472	XB	
29	26,789	GW	29	24,457	XB	29	23,382	JS	29	12,344	GW	29	14,003	XB	
30	24,231	GW	30	26,480	XB	30	23,230	JS	30	11,377	GW	30	14,600	XB	

## Annex 6: Fulles de seguretat Pellets d'ABS: H604 I P2MC<sup>14</sup>

**FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD**  
conforme al Reglamento (CE) n.º 1907/2006 (REACH) y Reglamento (UE) N.º 2020/878

**ELIX ABS Pellets**  
Número de material: ELX005

Versión: 25.4      Revisión: 14/6/2024      Página: 1 de 12  
Reemplaza la versión: 25.3      Fecha de edición: 14/6/2024      Lengua: es-ES

**SECCIÓN 1: Identificación de la sustancia o de la mezcla y de la sociedad o la empresa**

**1.1 Identificador de producto**  
Nombre comercial: ELIX ABS Pellets

**1.2 Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados**  
Uso general: Fabricación de piezas de plástico moldeadas o como sustancias intermedias para la producción de Plástico.  
Reservado a usos industriales y profesionales.

**1.3 Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad**  
Razón social: ELIX Polymers, S.L.  
Calle/Apto. correo: Polígono Industrial Ctra. de Vilaseca - La Pineda 43005 Tarragona, Spain  
CP: Ciudad: España  
Web: www.elix-polymers.com  
Correo electrónico: info@elix-polymers.com  
Teléfono: +34-977-835400  
Departamento responsable de la información: Teléfono: +34-977-835476, E-Mail: info@elix-polymers.com

Información complementaria: Esta ficha de datos de seguridad es válida para los productos mencionados en el capítulo 16.

**1.4 Teléfono de emergencia**  
Teléfono: +1 760 476 3961

**SECCIÓN 2: Identificación de los peligros**

**2.1 Clasificación de la sustancia o de la mezcla**  
Clasificación de acuerdo con el Reglamento (CE) 1272/2008 (CLP)  
Esta mezcla no está clasificada como peligrosa.

**2.2 Elementos de la etiqueta**  
Etiquetado (CLP): no aplicable  
Indicaciones de peligro: no aplicable  
Consejos de prudencia: no aplicable

**FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD**  
conforme al Reglamento (CE) n.º 1907/2006 (REACH) y Reglamento (UE) N.º 2020/878

**ELIX ABS Pellets**  
Número de material: ELX005

Versión: 25.4      Revisión: 14/6/2024      Página: 2 de 12  
Reemplaza la versión: 25.3      Fecha de edición: 14/6/2024      Lengua: es-ES

**2.3 Otros peligros**  
Bajo las condiciones de fabricación recomendadas pueden resultar pequeñas cantidades de sustancias acompañantes (por ejemplo, monómeros, disolventes y productos residuales). A consecuencia de un sobrecalentamiento durante la fusión se pueden liberar sustancias que son consideradas como nocivas para la salud y cancerígenas. Los valores límite máximos en el lugar de trabajo están, si es necesario, descritos en el párrafo 8.  
El producto derretido puede causar graves quemaduras.  
Propiedades de alteración ambiental: No hay datos disponibles.

**SECCIÓN 3: Composición/información sobre los componentes**

3.1 Sustancias: no aplicable  
3.2 Mezclas: Acrilitrilo-butadieno-estireno copolímero  
Especificación química: El producto no contiene sustancias peligrosas en cantidades que según la ley UE sean necesarias nombrarlas en éste párrafo.

**SECCIÓN 4: Primeros auxilios**

**4.1 Descripción de los primeros auxilios**  
En caso de inhalación: En caso de inspirar productos de descomposición, al afectado llevar al aire libre y ponerle tranquilo. En caso de trastornos respiratorios dar oxígeno. En caso de paro respiratorio inmediata respiración artificial. Consultar al médico.  
Después de contacto con la piel: Después del contacto con el producto fundido refrescar la parte de la piel afectada rápido con agua. Costras del producto no quitarlas de la piel con fuerza o utilizando disolventes. Cubrir las heridas asíleri. Quitar las prendas contaminadas y lavarlas antes de volver a usarlas. Consultar al médico.  
Después de contacto con los ojos: Lavar inmediatamente de 10 a 15 minutos con agua corriente y teniendo el ojo abierto. Quitar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil. Seguir aclarando. En caso de aparición de malestares o prolongación de los mismos, dirigirse al oculista.  
Después de la ingestión: Enjuagar la boca con agua. Beber uno o dos vasos de agua. Nunca administrar nada por la boca a una persona inconsciente. consultar al médico

**4.2 Principales síntomas y efectos, agudos y retardados**  
Polvo: Irritación cutánea, irritaciones oculares y rubefacción

**4.3 Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente**  
Tratamiento sintomático.

**FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD**  
conforme al Reglamento (CE) n.º 1907/2006 (REACH) y Reglamento (UE) N.º 2020/878

**ELIX ABS Pellets**  
Número de material: ELX005

Versión: 25.4      Revisión: 14/6/2024      Página: 11 de 12  
Reemplaza la versión: 25.3      Fecha de edición: 14/6/2024      Lengua: es-ES

**SECCIÓN 16: Otra información**

Esta ficha de datos de seguridad es válida para los siguientes productos:

ELIX ABS 118HF-CC	ELIX ABS P2M
ELIX 118HF	ELIX P2M-AT
ELIX 118HF LNS020	ELIX ABS P2MC
ELIX ABS 3095 PG	ELIX ABS P3H-CC
ELIX ABS-3D GP	ELIX ABS P3H-AT
ELIX ABS-3D FC	ELIX ABS P3H-TF
ELIX ABS-3D HI	ELIX ABS P3M-AT
ELIX ABS-3D LA	ELIX ABS P4LG
ELIX ABS-3D HF	ELIX ABS E-LOOP H604 CR
ELIX ABS C108	ELIX ABS E-LOOP M203FC CR
ELIX ABS C108-CC	ELIX ABS E-LOOP M203 MR
ELIX ABS E310	ELIX ABS E-LOOP M205FC CR
ELIX ABS E401	ELIX ABS E-LOOP M220 CR
ELIX ABS H604	ELIX ABS E-LOOP M220-CC CR
ELIX ABS H604-CC	ELIX ABS E-LOOP P2H-AT CR
ELIX ABS H605	ELIX ABS E-LOOP P2H-CC CR
ELIX ABS H605-CC	ELIX ABS E-LOOP P2H-AT MR
ELIX ABS M201AS	ELIX ABS E-LOOP P2MC CR
ELIX ABS M201-CC	ELIX ABS E-LOOP P3H-AT CR
ELIX ABS M203	ELIX ABS M80390-CC
ELIX ABS M203-CC	ELIX ABS M81335-CC
ELIX ABS M203FC	ELIX ABS M70400-CC
ELIX ABS M205FC	ELIX ABS M63312-CC
ELIX ABS M210TF	ELIX ABS M80830-CC
ELIX ABS M220	ELIX ABS M81232-CC
ELIX ABS M220-CC	ELIX ABS K70085
ELIX ABS M305	ELIX ABS K80390
ELIX ABS M307	
ELIX ABS M545TF	
ELIX ABS P2H-AT	
ELIX ABS P2H-CC	
ELIX ABS P2HE	
ELIX ABS P2L-AT	
ELIX ABS P2M-CC	
ELIX ABS P2M-V	

Motivo de los últimos cambios: Cambios en la sección 16: Modificación de la lista de productos  
Versión inicial: 30/12/2009  
Departamento que emite la hoja de datos: véase sección 1: Departamento responsable de la información

editado por ELIX Polymers con el Quilays SUMDAT

## 9. Bibliografia

- (1) Maul, J.; Frushour, B. G.; Kontoff, J. R.; Eichenauer, H.; Ott, K.; Schade, C. Polystyrene and Styrene Copolymers. *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*; Wiley, 2007; pp 493–503.  
[https://doi.org/10.1002/14356007.a21\\_615.pub2](https://doi.org/10.1002/14356007.a21_615.pub2).
- (2) Carraher, C. E. *Introduction to Polymer Chemistry*; CRC Press, Taylor & Francis Group: Boca Raton, FL, 2017; p 341. <https://doi.org/10.1201/9781315369488>.
- (3) Dundar, M. A.; Dhaliwal, G. S. Investigation for Impact Behavior of Acrylonitrile-Butadiene-Styrene Amorphous Thermoplastic. *Polym. Test.* **2020**, *89*, 106624. <https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2020.106624>.
- (4) Wypych, G. ABS Poly(Acrylonitrile-Co-Butadiene-Co-Styrene). In *Handbook of polymers*; ChemTec Publishing: Toronto, 2016; pp 3–10.  
<https://doi.org/10.1016/B978-1-895198-47-8.50004-7>.
- (5) *Acrilonitril-butadiè-estirè (ABS)*.  
<http://www.ub.edu/cmematerials/ca/content/acrilonitril-butadiè-estirè-abs.html>.  
(accessed May 19,2025).
- (6) Lovell, P. A.; Schork, F. J. Fundamentals of Emulsion Polymerization. *Biomacromolecules* **2020**, *21* (11), 4396–4441.  
<https://doi.org/10.1021/acs.biomac.0c00769>.
- (7) Charleux, B.; D'Agosto, F.; Delaitre, G. Preparation of Hybrid Latex Particles and Core-Shell Particles Through the Use of Controlled Radical Polymerization Techniques in Aqueous Media. In *Advances in polymer science: Hybrid Latex Particles*; van Herk, A. M., Landfester, K., Eds.; Advances in Polymer Science; Springer Berlin Heidelberg: Berlin, 2010; Vol. 233, pp 128-132.  
<https://doi.org/10.1007/978-3-642-16060-8>.
- (8) Nagatomo, D.; Horie, T.; Hongo, C.; Ohmura, N. Effect of Ultrasonic Pretreatment on Emulsion Polymerization of Styrene. *Ultrason. Sonochem.* **2016**, *31*, 337–341. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2016.01.010>.

- (9) Chern, C. S. Emulsion Polymerization Mechanisms and Kinetics. *Prog. Polym. Sci.* **2006**, *31* (5), 446. <https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2006.02.001>.
- (10) Syah, D. O.; Lupiyoadi, R.; Suryani, E. Vertical Partnerships Between OEM And First Tier: Lessons From Automotive Component Companies In Greater Jakarta-Indonesia. *S. E. Asian J. Manage.* **2022**, *16* (2), 72-96. <https://doi.org/10.21002/seam.v16i2.1142>.
- (11) *Medición del MFR y MVR en plásticos.* <https://www.zwickroell.com/es/sectores/plasticos/tuberias-de-plastico/indice-de-fluidez/>. (accessed March 25,2025).
- (12) Ramos, D. *EN-6021. Ensayo Del Indice de Fluidez MVR, Según ISO 1113, Apar. GÖTTFERT MI2.1*; Technical Report for ELIX Polymers, S.L: La Canonja, 2022.
- (13) Grima Cintas, P.; Marco, Ll.; Tort-Martorell, X. *Estadística práctica con Minitab*; Pearson Educación: Madrid, 2004; pp 158-168.
- (14) *Ficha de Datos de Seguridad ELIX ABS Pellets.* <https://www.elix-polymers.com/es/producto-ficha/20/h604>. (accessed April 5, 2025).