

Treball final de grau

Estudi: Grau en Enginyeria Química

Títol: Estudi de materials per a la fabricació d'un embornal de piscina

Document: Memòria

Alumne: Èric Pagès Canal

Tutor: Joaquim Agustí Tarrés Farrés

Departament: EQATA

Àrea: Enginyeria Química

Convocatòria (mes/any): Juny 2020

AGRAÏMENTS

Primerament m'agradaria agrair al Dr. Marc Delgado per assessorar-me al llarg del projecte. També m'agradaria anomenar en Ferran Serra pel suport durant la realització de la part experimental.

D'igual forma, m'agradaria agrair a Sacopa oferir-me la possibilitat de realitzar aquest projecte, amb especial menció a en Grégory Travaillé per la seva ajuda i total disponibilitat durant les diverses fases del projecte.

Finalment, també voldria mencionar les persones que sempre han estat al meu costat en qualsevol situació, la meva família, en especial la meva mare i els meus amics.

ABREVIATURES

ABS: Acrilonitril butadiè estirè

PA: Poliamida

PP: Polipropilè

PS: Poliestirè

PVC: Policlorur de vinil

TPO: Poliolefina termoplàstica

ÍNDEX

Agraïments	I
Abreviatures	II
Índex de taules	VII
Índex de figures	VII
1. Antecedents:	1
1.1. SACOPA	1
1.2. Normativa i problemàtica plantejada	2
2. Objectiu.....	5
3. Abast.....	7
4. Introducció	9
4.1. Funcionament d'una piscina i funció dels embornals	9
4.2. Rellevància dels polímers als elements d'una piscina	13
4.3. Polímers més utilitzats per a la fabricació d'accessoris de piscina	14
4.4. Accessoris amb més restriccions de seguretat	15
4.5. Importància del disseny i efecte en el bon funcionament de la peça ..	17
4.6. Ecodisseny	19
5. Fonaments teòrics	20
5.1. Definició i classificació dels polímers	20
5.2. Propietats dels polímers.....	24

Estudi de materials per a la fabricació d'un embornal de piscina

5.3.	Objectiu de modificar els polímers	25
5.4.	Exposició a la que estan sotmesos els accessoris de piscina.....	26
5.5.	Procés d'injecció	26
5.6.	Fabricació de la tapa de l'embornal de piscina mitjançant injecció	29
6.	Materials, equips i mètodes	30
6.1.	Materials.....	30
6.1.1.	Polímers	30
6.1.2.	Productes químics	33
6.2.	Equips	34
6.2.1.	Aparell de melt flow index.....	34
6.2.2.	Estufa	35
6.2.3.	Balança analítica	35
6.2.4.	Brabender Mixer	36
6.2.5.	Molí triturador.....	36
6.2.6.	Injectores	37
6.2.7.	Cambra climàtica.....	38
6.2.8.	Peu de rei	39
6.2.9.	Màquines universals.....	39
6.2.10.	Equips pels assajos d'impacte	40
6.3.	Mètodes	43
6.3.1.	Caracterització del material	43

Estudi de materials per a la fabricació d'un embornal de piscina

6.3.2.	Assajos de simulació de la norma UNE-EN 13451-3.....	50
7.	Resultats i discussió	52
7.1.	Resultats assajos de caracterització dels materials	52
7.1.1.	Estudi de propietats a tracció	52
7.1.2.	Estudi de propietats a flexió.....	54
7.1.3.	Estudi de propietats a impacte.....	54
7.1.4.	Comparativa dels materials amb millors prestacions a l'impacte..	59
7.1.5.	Comparació resultats d'impacte respecte la bibliografia	62
7.1.6.	Estudi de la resistència química	62
7.1.7.	Índex de fluïdesa	67
7.2.	Resultats assajos a la tapa de l'embornal.....	69
7.2.1.	Assajos de càrrega puntual	70
7.2.2.	Assajos de resistència a l'impacte	71
7.2.3.	Redisseny de la peça	73
8.	Conclusions	77
9.	Pressupost del projecte	78
9.1.	Equips	78
9.2.	Materials.....	78
9.3.	Mà d'obra	79
9.4.	Cost total	79
10.	Planificació del projecte.....	81

Estudi de materials per a la fabricació d'un embornal de piscina

11. Bibliografia..... 84

ÍNDIX DE TAULES

Taula 1: Condicions de treball de la Brabender Mixer	43
Taula 2: Paràmetres operacionals injectora Arburg	46
Taula 3: Resultats assajos a tracció	52
Taula 4: Resultats assajos a flexió	54
Taula 5: Resultats mètode Charpy primers assajos d'impacte	55
Taula 6: Resultats mètode Izod primers assajos d'impacte	55
Taula 7: Resultats mètode Charpy segons assajos d'impacte	58
Taula 8: Resultats mètode Charpy tercers assajos d'impacte	59
Taula 9: Comparativa resistència a l'impacte	60
Taula 10: Comparativa resistència a tracció i flexió	61
Taula 11: Prova resistència química PPC 3660 + 5% Vistamaxx	63
Taula 12: Prova resistència química REPSOL Impacto	64
Taula 13: Assajos a flexió per resistència química	65
Taula 14: Assajos d'impacte per resistència química	66
Taula 15: Índex de fluïdesa PPC 3660	68
Taula 16: Índex de fluïdesa Vistamaxx 6102	68
Taula 17: Índex de fluïdesa Repsol Impacto HI2050GM (TPO)	69
Taula 18: Resultats assajos càrrega a un punt de la peça	70
Taula 19: Resultats assajos de resistència a l'impacte de la peça	72
Taula 20: Costos derivats dels equips	78
Taula 21: Cost dels materials utilitzats	79
Taula 22: Cost de la mà d'obra	79
Taula 23: Cost total del projecte	80

ÍNDIX DE FIGURES

Figura 1: Injectora Engel amb força de tanca de 4000 Tm	1
Figura 2: Nau principal de Sacopa (Font: Sacopa)	2
Figura 3: Embornal de piscina amb reixa plana (Font: Sacopa)	3
Figura 4: Embornal de piscina amb reixa antivortex (Font: Sacopa)	3
Figura 5: Lesions provocades per una tapa d'embornal de piscina ((Font: Assopiscine)	5
Figura 6: Abast del projecte	8
Figura 7: Elements d'una piscina (Font: Sacopa)	9
Figura 8: Ubicació dels skimmers i embornals a una piscina (Font: Sacopa)	10
Figura 9: Consum de materials a Sacopa l'any 2018 (Font: Sacopa)	15
Figura 10: Skimmer (Font: Astralpool)	16
Figura 11: Broquet (Font: Astralpool)	17
Figura 12: Homopolímer (Font: Wordpress)	21
Figura 13: Heteropolímer (Font: Wordpress)	21
Figura 14: Polímer lineal (Font: Wordpress)	22
Figura 15: Polímer ramificat (Font: Wordpress)	22
Figura 16: Polímer entrecreuat (Font: Wordpress)	23
Figura 17: Polímer reticulat (Font: Wordpress)	23
Figura 18: Polimerització de l'etilè (Font: Wordpress)	23
Figura 19: Obtenció de la poliamida 6,6 (Font: Wordpress)	24
Figura 20: Màquina d'injecció (Font: Engel)	27
Figura 21: Material PPC 3660	30
Figura 22: Material Repsol Impacto HI2050GM	31

Estudi de materials per a la fabricació d'un embornal de piscina

Figura 23: Material NEALID XN090-1199	31
Figura 24: Material EE107-7865	32
Figura 25: Material PP ISPLEN PB171H1M	32
Figura 26: Additiu Vistamaxx 6102.....	32
Figura 27: Lleixiu comercial.....	33
Figura 28: Salfumant comercial.....	33
Figura 29: pH minus CTX-10.....	33
Figura 30: pH plus CTX-20.....	34
Figura 31: Aparell de melt flow index	34
Figura 32: Estufa per assecar els materials	35
Figura 33: Balança analítica	35
Figura 34: Brabender mixer.....	36
Figura 35: Molí triturador	36
Figura 36: Injectora Arburg.....	37
Figura 37: Injectora Krauss Maffei	37
Figura 38: Injectora Engel	38
Figura 39: Cambra climàtica	38
Figura 40: Peu de rei.....	39
Figura 41: Màquina universal per assajos a tracció.....	39
Figura 42: Màquina universal per assajos a flexió	39
Figura 43: Màquina universal per assajos de càrrega a un punt	40
Figura 44: Entalladora de provetes	40
Figura 45: Equip per assajos d'impacte segons el mètode Charpy.....	41
Figura 46: Equip per assajos d'impacte segons el mètode Izod.....	41
Figura 47: Utilatge pels assajos d'impacte de la tapa de l'embornal	42
Figura 48: Microscopi	42
Figura 49: Esquema de l'assaig d'impacte Charpy amb entalla (Font: Wordpress)	48
Figura 50: Esquema de l'assaig d'impacte Izod (Font: Wordpress).....	49
Figura 51: Comparació corbes esforç-deformació	53
Figura 52: Provetes assajades pel mètode Izod que no trenquen completament	56
Figura 53: Provetes assajades pel mètode Charpy amb entalla que no trenquen completament	57
Figura 54: Resultats assajos d'impacte.....	61
Figura 55: Zona on s'aplica la microscòpia (Font: Sacopa)	70
Figura 56: Microscopia. a)Tapa PPC 3660 (sense fissura); b)Tapa PPC+3%Vistamaxx sense màster (sense fissura); c)Tapa PPC+5%Vistamaxx sense màster (sense fissura); d)Tapa PPC+3%Vistamaxx amb 2% màster (sense fissura); e)Tapa de REPSOL Impacto (fractura) ..	71
Figura 57: Microscopia. a)Tapa PPC 3660 (petita fissura); b)Tapa PPC+3%Vistamaxx sense màster (petita fissura); c)Tapa PPC+5%Vistamaxx sense màster (petita fissura); d)Tapa PPC+3%Vistamaxx amb 2% màster (petita fissura); e)Tapa de REPSOL Impacto (fractura) ...	73
Figura 58: Disseny actual (Font: Sacopa)	74
Figura 59: Disseny modificat (Font: Sacopa)	74
Figura 60: Simulació de l'assaig de càrrega en el punt central de la peça (Font: Sacopa)	74
Figura 61: Resultats assaig de càrrega en un punt amb el disseny actual (Font: Sacopa)	75
Figura 62: Resultats assaig de càrrega en un punt amb la nova proposta de disseny (Font: Sacopa)	75
Figura 63: Diagrama de Gantt 1 referent al plantejament del projecte i la primera fase de la part experimental.....	81
Figura 64: Diagrama de Gantt 2 referent a la segona i tercera fase de la part experimental.....	82
Figura 65: Diagrama de Gantt 3 referent a la fase final de la part experimental i a la fase teòrica	83

1. ANTECEDENTS:

1.1. SACOPA

Sacopa és una empresa que pertany al grup multinacional Fluidra, dedicat al sector de la Piscina i el Wellness i amb seu a Barcelona. Fluidra és l'empresa líder en la indústria global de piscines i l'any 2019 va facturar per valor de 1350 M€.

Sacopa està ubicada a Sant Jaume de Llierca, a la comarca de La Garrotxa, i la seva activitat comercial és la injecció de termoplàstics. Tots els productes es fabriquen íntegrament sota les directrius de qualitat ISO 9001:2015 i mediambientals ISO 14001:2015, a més disposa de la certificació governamental EMAS. L'any 2019, Sacopa va assolir una facturació superior als 55 M€.

El 79% de la fabricació es basa en la producció d'accessoris per piscines, des de filtres, skimmers i embornals fins làmpades LED. També compta amb una secció de Sala Blanca dedicada a la fabricació de productes pel sector mèdic i farmacèutic. Compta amb més de 50 màquines injectores entre les quals destaca una injectora de la casa Engel amb 4000 Tm de força de tanca, la segona més gran d'Espanya.



Figura 1: Injectora Engel amb força de tanca de 4000 Tm

La nau principal disposa d'unes instal·lacions totalment automatitzades de manipulació i tractament dels materials plàstics, que gestionen el material des

Estudi de materials per a la fabricació d'un embornal de piscina

del seu lliurament a planta, mitjançant camions cisternes, Big-bags o palets, fins al seu condicionament previ a la injecció i el seu enviament directe a les màquines injectores mitjançant més de 12 km de canonades instal·lades per aquest efecte.



Figura 2: Nau principal de Sacopa (Font: Sacopa)

1.2. NORMATIVA I PROBLEMÀTICA PLANTEJADA

En un món tan competitiu com l'actual, les indústries treballen contínuament en aconseguir una posició rellevant en el mercat i significativament avantatjosa respecte els competidors. Una forma d'aconseguir-ho és mitjançant certificacions de qualitat i amb el compliment de les normes establertes a cada àmbit, ja que permeten millorar la imatge de la organització, es poden utilitzar com a eina de màrqueting i també exigeix una millora contínua constant per tal de satisfer les necessitats dels clients.

L'any 2011 es va publicar la norma europea EN 13451:2011, les parts 1 i 3 especifiquen els requisits de seguretat i els mètodes d'assaig per a dispositius d'entrada i sortida d'aire/aigua i pels accessoris destinats a l'oci que utilitzen aire/aigua. En valorar els requisits de la norma, des de Sacopa es va observar que les tapes dels embornals fabricades amb material ABS, podien no complir.

Tot i no ser d'obligat compliment, des de Sacopa es va considerar com a una oportunitat de millora i alhora d'avançar-se al moment que la norma es considerés un requeriment. Per tal de comprovar si es complien totes les especificacions de la norma es van enviar a certificar els dos models de reixa que es fabricaven, d'una banda la reixa plana i de l'altra la reixa de antivortex.

Estudi de materials per a la fabricació d'un embornal de piscina



Figura 3: Embornal de piscina amb reixa plana
(Font: Sacopa)



Figura 4: Embornal de piscina amb reixa antivortex (Font: Sacopa)

Els resultats obtinguts mostraven la no conformitat dels apartats 5.2.4.3 i 5.2.6 de la normativa, referents als assajos d'aplicació de càrrega a un punt i impacte a un punt de l'objecte respectivament, en ambdós productes.

Posteriorment a la no conformitat de les peces fabricades amb ABS, es van estudiar les possibles alternatives per complir amb els requisits de la norma. D'una banda es va valorar la possibilitat de realitzar una modificació al disseny de la peça i de l'altra buscar un material amb millors propietats a l'impacte.

Les exigències de la normativa envers a la resistència a l'impacte són tan grans, que a la vista dels resultats obtinguts amb el material ABS, finalment es va decidir dur a terme una recerca de materials alternatius amb millors prestacions per millorar molt més aquest aspecte i seguidament realitzar proves d'impacte amb la tapa plana per tal de corroborar o no la millora. Per dur a terme les proves d'impacte sobre les peces es va fabricar un utilitatge, de forma interna, similar a l'utilitzat pels assajos de certificació del compliment de la norma. El mètode d'assaig d'impacte puntual consisteix en una puntera de 2,3 kg que es deixa caure des d'una alçada d'un metre i per superar l'assaig les peces no poden fracturar.

Primerament es va fabricar amb polipropilè homopolímer natural, no obstant, es va comprovar que la resistència a l'impacte d'aquest material no millorava les prestacions que oferia l'ABS. Seguidament es van realitzar proves amb materials reforçats amb fibra de vidre, d'una banda polipropilè homopolímer amb un 20%

Estudi de materials per a la fabricació d'un embornal de piscina

de fibra de vidre, d'una altra polipropilè copolímer amb un 30% de fibra de vidre i finalment poliamida 6 amb un 20% de fibra. La poliamida 6 tot i oferir millors prestacions a l'impacte respecte l'ABS, es va descartar ja que amb condicions de piscina es deteriora fàcilment i és un gran inconvenient. Finalment, també es van descartar els altres dos materials ja que la presència de fibres de vidre provocava que en envellir el producte aquestes fibres apareixien a la superfície i per tant era un inconvenient estètic pel producte. A més el material era massa rígid i tenia un comportament poc elàstic que el feien no apte per aplicacions amb necessitat d'alta resistència a l'impacte.

La última proposta va ser fabricar el producte amb polipropilè copolímer sense càrregues, ja que és un material amb bona resistència química, sense presència de fibres de vidre i amb un valor teòric de resistència a l'impacte elevat. Visualment, els resultats obtinguts eren correctes. A continuació, també es van realitzar diversos assajos de resistència a l'impacte de la peça i els resultats obtinguts mostraven unes millors prestacions que els materials anteriors. Tot i així, no era suficient per superar els assajos de la norma, per tant, es va decidir modificar el disseny de la peça. Es van radiar tots els nervis de la part central, es van adaptar els forats a la contracció del PP i es van afegir nervis externs per compensar la contracció del PP. Paral·lelament també es va modificar el disseny de la reixa de seguretat per adaptar-la a la contracció del PP.

Amb els motlles modificats es van produir tapes dels dos models per realitzar les proves d'impacte. Els resultats obtinguts amb la reixa plana van ser satisfactoris, pel contrari els obtinguts amb la reixa de seguretat no van superar la prova d'impacte. Les peces només superaven l'assaig fins a una alçada màxima de 80 centímetres.

Tot i així com que la norma no era de compliment obligatori, es van acceptar els resultats i es començà a comercialitzar el producte amb aquest material. No obstant, la peça no es va enviar a certificar i el projecte va quedar aturat.

2. OBJECTIU

Arran de diversos problemes de trencament en algunes tapes d'embornals instal·lades que han provocat lesions als usuaris, com es pot observar a la Figura 5, l'empresa s'ha proposat reobrir el projecte de millora de la seguretat d'aquest producte.



Figura 5: Lesions provocades per una tapa d'embornal de piscina ((Font: Assopiscine)

Per assegurar una millora de la seguretat d'aquest producte, s'ha marcat com a objectiu obtenir la certificació de compliment de la norma EN 13451:2011, tot i que actualment no és de compliment obligatori.

A més de la vessant de seguretat, també existeix un interès tècnic-comercial de Sacopa d'obtenir una solució a aquesta problemàtica i ser la primera empresa del mercat en fabricar i distribuir un producte que compleixi amb les exigències mecàniques de la norma.

Per tal d'acomplir la norma EN 13451-3:2011, des de l'empresa s'han valorat dues possibles opcions, com ja s'havien valorat a l'inici del projecte. La més senzilla i econòmica és buscar un material alternatiu per a la fabricació del producte que ofereixi les prestacions requerides per la norma. Una altra opció, és modificar el disseny de la peça, però aquesta opció implicaria una major inversió, ja que caldria un nou motlle amb els costos derivats del seu condicionament per a dur a terme la producció. Finalment s'ha seleccionat la primera possible resolució.

Estudi de materials per a la fabricació d'un embornal de piscina

Per tant, l'objectiu d'aquest Projecte de Final de Grau és trobar un material que compleixi els requeriments de la norma esmentada.

Per tal d'assolir l'objectiu exposat, s'han definit 3 objectius específics que ha d'assolir el material seleccionat com a òptim:

- 1- El material ha de complir els requisits mecànics requerits per a la norma.
- 2- El material ha d'oferir resistència als productes químics que pot contenir una piscina.
- 3- Els costos de fabricació del producte han de ser viables, basant-se en el preu de venda.

3. ABAST

El projecte s'iniciarà realitzant un anàlisi dels antecedents de l'empresa en relació a aquesta problemàtica. Seguidament es seleccionaran diversos materials o barreja de materials recomanats per diferents proveïdors.

En aquest punt el projecte es dividirà en dos apartats:

D'una banda s'injectaran provetes per dur a terme una caracterització dels materials mitjançant assajos de tracció, flexió, impacte i resistència química seguint les normatives ISO corresponents.

D'altra banda es realitzaran proves d'injecció de la tapa de l'embornal amb els diversos materials per tal d'observar l'aspecte visual del producte i realitzar proves de càrrega puntual i impacte d'aquestes peces, per tal de simular els assajos realitzats per a la certificació de compliment de la norma EN 13451-1 i EN 13451-3.

A partir dels resultats obtinguts de la caracterització dels materials i de les proves d'injecció es valoraran els materials que ofereixin millors prestacions a l'impacte evitant que disminueixin considerablement les prestacions a tracció i flexió. Amb la selecció dels potencials materials per a la producció de la tapa d'embornal, es comprovarà l'efecte dels productes químics als quals pot estar exposat el producte a l'interior d'una piscina per tal d'assegurar que el material seleccionat resisteix i no disminueix les seves prestacions a causa de l'exposició als productes químics.

Finalment, es consideraran els costos de fabricació del producte amb els materials seleccionats per tenir la certesa que és viable econòmicament tenint en compte el preu de venda de la peça.

En definitiva, se seleccionarà el material òptim en termes productius, econòmics i d'acompliment de la normativa, per finalment enviar el material escollit a certificar i corroborar el compliment de la norma EN 13451:2011.

Estudi de materials per a la fabricació d'un embornal de piscina

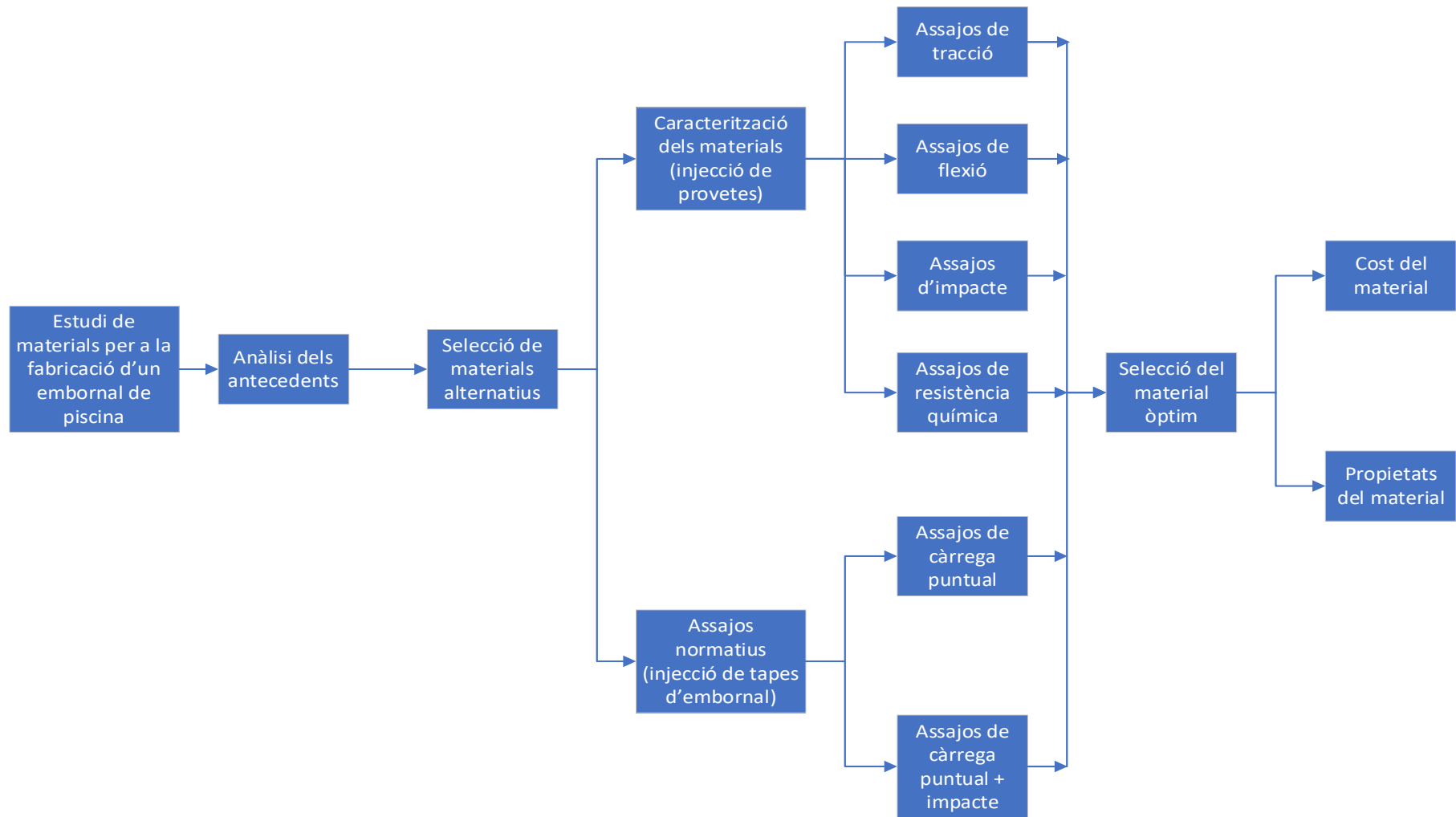


Figura 6: Abast del projecte

4. INTRODUCCIÓ

4.1. FUNCIONAMENT D'UNA PISCINA I FUNCIÓ DELS EMBORNALS

L'aigua d'una piscina es mou en un cicle continu on la peça central del sistema és la bomba. Aquesta succiona l'aigua a través dels skimmers i els embornals, situats a la part superior i al fons de la piscina respectivament. A continuació l'aigua passa per un procés de prefiltratge, el cistell de l'skimmer, on queden retingudes fulles i altres elements voluminosos que podrien obstruir el mecanisme, seguidament l'aigua és conduïda fins la bomba, passa pel sistema de filtratge on es retenen les partícules petites i finalment l'aigua neta és bombejada de retorn a la piscina on entra a través dels broquets situats al voltant i al fons de la piscina.

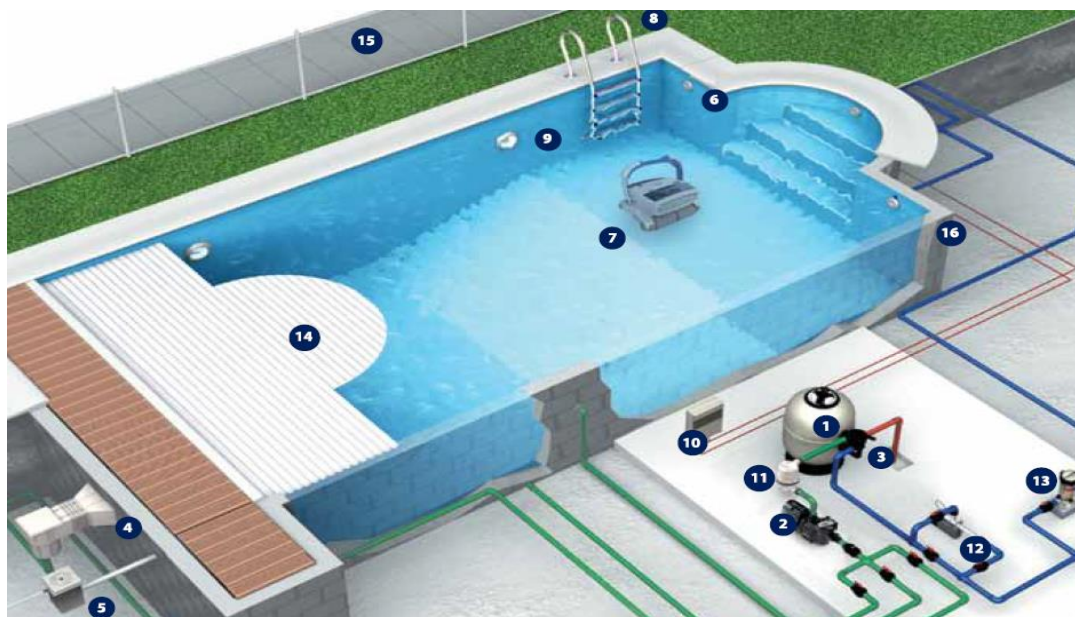


Figura 7: Elements d'una piscina (Font: Sacopa)

Els elements més importants pel circuit d'aigua d'una piscina que es poden observar a la Figura 7 són:

1- Filtre

3- Vàlvula

2- Bomba

4- Skimmer

Estudi de materials per a la fabricació d'un embornal de piscina

5- Regulador de nivell

6- Broquets de retorn

A la imatge anterior no s'observa l'embornal de la piscina que és un element essencial pel cicle de l'aigua d'una piscina. Els embornals estan ubicats al fons de la piscina i la seva funció és aspirar l'aigua per posteriorment ser conduïda fins al filtre, complementant així la funció dels skimmers, que estan situats a les parets de la piscina. A més d'aquesta forma s'aconsegueix remoure l'aigua del fons amb la de la superfície aconseguint així una bona homogeneïtat tèrmica i evitant que sedimentin partícules al fons de la piscina. Els embornals també s'utilitzen quan es vol buidar la piscina.

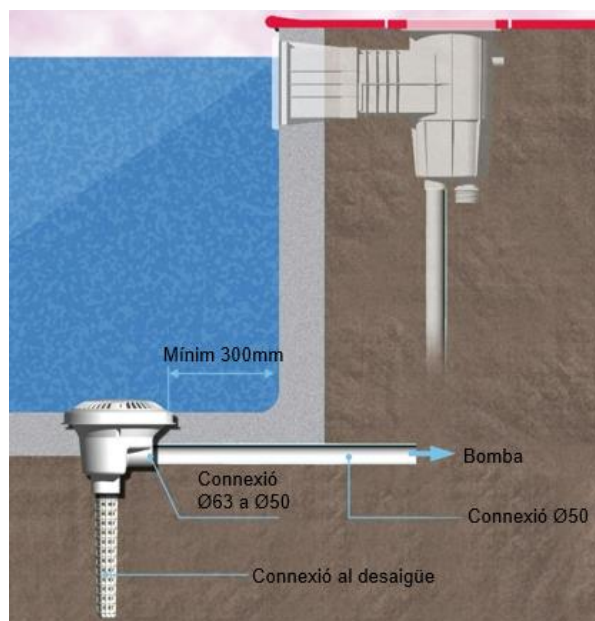


Figura 8: Ubicació dels skimmers i embornals a una piscina (Font: Sacopa)

A la Figura 8, es pot observar com s'ubiquen els embornals i skimmers d'una piscina per tal d'assegurar un correcte filtratge de tota l'aigua de la piscina. (1)

Existeixen tres tipus de piscina segons la seva fabricació:

1- **Piscines d'obra:** són piscines construïdes de forma tradicional mitjançant formigó.

Avantatges:

- Resistència i durabilitat major que les altres opcions.

Estudi de materials per a la fabricació d'un embornal de piscina

- Possibilitat de personalització de les dimensions i la forma.
- S'apliquen revestiments vitris que proporcionen un tacte més agradable.

Desavantatges:

- El temps de construcció és elevat i en cas de sorgir complicacions pot durar mesos.
- Si no es construeixen correctament són freqüents les fugues d'aigua i pressió.
- La garantia és de 10 anys, menor que els altres tipus de piscina.
- El revestiment pot caure amb el temps a causa d'encolats amb materials de mala qualitat.
- El preu d'aquestes piscines és entre un 10-15% major que altres opcions.

2- **Piscines de polièster i fibra:** són piscines prefabricades, obtingudes amb una sola peça mitjançant una mescla de fibra de vidre d'alta resistència i resina de polièster.

Avantatges:

- Instal·lació molt ràpida, aproximadament una setmana.
- Més econòmiques que una piscina d'obra.
- Requereixen d'un manteniment menys costós i més senzill.

Desavantatges:

- Decoloració de la superfície per l'acció del sol i dels productes químics.
- No es poden pintar, ja que amb el temps es desprèn del suport.
- L'assentament del vas requereix una preparació minuciosa del terreny amb capes de grava a tot el perímetre que evitin el contacte directe del

Estudi de materials per a la fabricació d'un embornal de piscina

vas amb la terra i sobretot amb la humitat, ja que es podria provocar un fenomen d'osmosis que provocaria el bombament i posterior podridura de la superfície afectada. Aquest efecte és de difícil solució.

- El comprador s'ha d'adaptar als models existents.

3- **Piscines liner i d'acer:** són un tipus de piscines prefabricades relativament noves. Es tracta d'un terme mig entre les piscines de formigó i les prefabricades de polièster, ja que les parets de la piscina consisteixen en unir diferents panells d'acer galvanitzat prefabricats i pel que fa al terra de la piscina, es construeix mitjançant formigó. No existeix cap diferència visible respecte una piscina d'obra, únicament s'aprecia diferència amb el tacte del material de recobrint. Les piscines d'acer es recobreixen d'una làmina de PVC, més conegut com a liner, per assegurar impermeabilitat i durabilitat de la piscina.

Avantatges:

- Instal·lació ràpida.
- Dimensions i forma totalment personalitzables.
- S'eviten les fugues tradicionals de les piscines d'obra.
- El preu és més econòmic que les piscines d'obra.

Desavantatges:

- Decoloració del liner a causa de l'acció del sol i els productes químics, tot i que actualment amb les millores dels productes que ofereix el mercat, s'aconsegueix mantenir el recobrint en bon estat uns 10 anys.
- Si no s'aplica un reforç al liner, és poc resistent a punxades o rallades provocades pel neteja fons, pedres, joguines de nens, etc.
- El recobrint l'ha d'aplicar un tècnic especialitzat per evitar arrugues del material que podrien provocar futures fissures.

Estudi de materials per a la fabricació d'un embornal de piscina

En funció del material de fabricació de la piscina, el gruix de la paret varia i per tant els accessoris presents al vas d'una piscina s'adeqüen als diferents tipus de piscina. També segons les dimensions de la piscina s'hauran d'instal·lar el nombre adequat de cadascun dels accessoris i seleccionar les dimensions adequades d'aquests per tal d'assegurar la capacitat de remoure tota l'aigua de la piscina durant el període de filtració diari d'aquesta.(2)

Referent als embornals, es poden classificar:

- 1- **Segons tipus de piscina:** existeixen embornals per a piscines de formigó i embornals per a piscines prefabricades.
- 2- **Segons el material de fabricació:** existeixen embornals fabricats amb ABS, amb acer inoxidable i fabricats amb polièster i fibra de vidre.
- 3- **Segons la geometria:** existeixen embornals circulars i embornals quadrats.
- 4- **Segons cabal i velocitat d'aspiració:** existeixen embornals de diversos diàmetres i amb sortides laterals de diferents polzades segons el cabal i la velocitat d'aspiració que es requereixi. (3)

D'altra banda, la tapa de l'embornal, dependrà de la opció d'embornal instal·lat. Com els embornals, es disposa de tapes circulars i quadrades. El material amb el que es fabriquen pot ser acer o bé plàstic (ABS o PP) i la seva geometria pot ser plana o antivortex (reixes de seguretat). Les tapes antivortex consisteixen en un sistema que absorbeix l'aigua per la part superior, com les reixes planes, i també pels laterals de la tapa, evitant l'aparició de remolins i efectes de succió que causen cada any nombrosos accidents.

4.2. RELLEVÀNCIA DELS POLÍMERS ALS ELEMENTS D'UNA PISCINA

Actualment els polímers disposen d'una gran presència i importància a la vida quotidiana ja que s'utilitzen per elaborar una immensa diversitat de productes.

Referent als accessoris que constitueixen una piscina, la major part també es produeixen amb polímers, ja que d'una banda asseguruen una bona resistència

Estudi de materials per a la fabricació d'un embornal de piscina

als productes químics, a la corrosió i en definitiva a condicions d'intempèrie i d'altra banda també posseeixen bones propietats mecàniques, aportant d'aquesta forma la seguretat que altres materials no ofereixen.

A més d'aportar funcionalitat i durabilitat, el cost dels productes fabricats a partir de polímers per l'usuari final és inferior al d'altres materials i per tant la relació cost-prestacions és bona.

4.3. POLÍMERS MÉS UTILITZATS PER A LA FABRICACIÓ D'ACCESSORIS DE PISCINA

La fabricació dels accessoris de piscina es pot dur a terme amb diversos polímers, no obstant alguns tenen una presència major a la hora de produir.

ABS (acrilonitril butadiè estirè): és el material més utilitzat per a la fabricació d'accessoris de piscina. El motiu principal per emprar aquest material és que l'aspecte dels productes és del gust dels clients gràcies a l'acabat brillant que aporta.

A més, es caracteritza per una gran resistència a l'impacte, entre cinc i deu vegades superior a la del PS homopolímer.

PP (polipropilè): el polipropilè és un material molt versàtil i per tant, en molts sectors, és una molt bona alternativa a plàstics més tècnics com l'ABS i la PA. Ofereix millors propietats mecàniques respecte l'ABS i per aquest motiu s'utilitza a alguns productes que per normativa o seguretat ho requereixen com la tapa de l'embornal.

En alguns casos també es reforça amb fibra de vidre per obtenir millors prestacions mecàniques, com és el cas dels filtres de piscina.

PS (poliestirè): el poliestirè també s'utilitza per a la fabricació d'algun accessori de piscina com per exemple algun model de skimmer.

Estudi de materials per a la fabricació d'un embornal de piscina

Aquest material, no ofereix una resistència molt bona a l'impacte, no obstant es pot modificar fàcilment obtenint un PS d'alt impacte amb una resistència d'entre dos i quatre vegades superior a la del PS homopolímer.

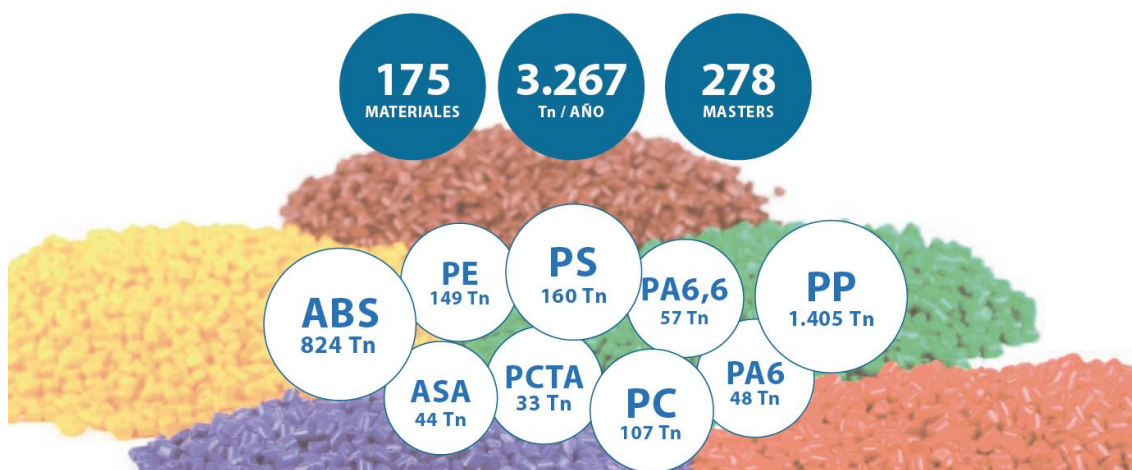


Figura 9: Consum de materials a Sacopa l'any 2018 (Font: Sacopa)

A la Figura 9 es pot observar el volum de consum dels materials utilitzats a Sacopa l'any 2018. Aquests valors són per a la totalitat dels productes fabricats, no únicament pels accessoris de piscina, aquesta és la raó per la qual el consum de PP és major respecte el de ABS, ja que el PP també és molt utilitzat per la obtenció de productes pel sector mèdic i farmacèutic entre altres.(4)

4.4. ACCESSORIS AMB MÉS RESTRICCIONS DE SEURETAT

Considerant aspectes normatius, actualment, en moltes ocasions prevalen les normes adaptades a cada país respecte les europees, tot i que es treballa per consensuar unes normatives generals i evitar personalitzacions segons el país d'instal·lació del producte.

Tot i així, les conseqüències d'un mal funcionament d'alguns accessoris d'una piscina poden ser dramàtiques. Per aquest motiu aquests productes presenten unes restriccions de seguretat majors que altres. A banda de la tapa dels embornals, seguidament es fa èmfasi d'altres productes presents al vas d'una piscina amb requisits específics:

Estudi de materials per a la fabricació d'un embornal de piscina

Embornals: els embornals són elements situats al fons de la piscina que aspiren l'aigua i també són els encarregats de dur a terme el buidatge de la piscina quan es requereix.

La norma requereix una velocitat màxima de succió de l'aigua i també un disseny del producte que eviti l'atrapament al seu interior.

Skimmers: els skimmers són els elements mitjançant els quals la bomba succiona l'aigua de la piscina. A més funcionen com a primer prefiltratge gràcies al cistell que duen incorporat, que reté fulles i elements de dimensions grans que podrien obstruir el sistema de canalització de l'aigua fins la bomba.

Els skimmers, al ser accessoris emprats per a la succió de l'aigua, d'igual forma que els embornals de piscina, han de complir requisits de velocitat màxima de l'aigua al seu interior i també de distància entre ells per tal d'evitar possibles atrapaments i remolins.

Els skimmers, també requereixen d'un tub de ventilació separat del conducte principal.



Figura 10: Skimmer (Font: Astralpool)

Broquets: els broquets són els accessoris mitjançant els quals l'aigua retorna a la piscina després del procés de filtratge.

Han de complir amb requisits de velocitat màxima per l'aigua de retorn i també el seu disseny ha d'evitar la possibilitat d'atrapament al seu interior. (5)



Figura 11: Broquet (Font: Astralpool)

4.5. IMPORTÀNCIA DEL DISSENY I EFECTE EN EL BON FUNCIONAMENT DE LA PEÇA

Quan es planteja la creació d'una nova peça, el dissenyador ha de considerar totes les variables que poden influir al desenvolupament del projecte. Per tant, és essencial conèixer les particularitats dels materials amb els quals es treballarà, les condicions operatives de la peça, les condicions del mètode de fabricació i la viabilitat econòmica del projecte.

Tradicionalment, dur a terme el disseny d'una peça de plàstic injectada parteix d'una proposta bàsica i de l'elecció d'un material per la seva fabricació, seguidament el model es perfecciona per tal d'aconseguir un producte amb les característiques desitjades. Però és difícil avaluar algunes condicions externes a la peça i això obliga a treballar amb coeficients de seguretat alts i consegüentment s'obtenen articles sobredimensionats, amb grans espessors de paret o per evitar-ho abunden els nervis. Per tant per optimitzar el disseny es requereix de diverses proves abans de passar a la seva fabricació en sèrie, implicant un augment considerable dels costos.

En els últims anys, s'han desenvolupat programes de disseny assistit per ordinador (CAD) que aporten solucions i robustesa al disseny del producte i estalvi econòmic i de temps en el desenvolupament dels projectes envers el disseny tradicional, ja que permeten simular en un entorn virtual les condicions a les que estarà sotmès el producte final.

Estudi de materials per a la fabricació d'un embornal de piscina

Inicialment aquests programes tenien una aplicació limitada a causa de la gran inversió que suposava adquirir els equips informàtics necessaris, però actualment gràcies als continus avenços tecnològics són assequibles per les empreses i la seva utilització s'ha generalitzat.

Els programes de CAD, estan basats en el mètode dels elements finits, que fonamentalment substitueixen la peça en elements menors i de geometria senzilla, sobre els que aplica les equacions de la mecànica, d'aquesta forma es simplifica el problema. Els punts d'interconnexió entre cadascun dels elements s'anomenen nusos i són els que s'avaluen per finalment obtenir una aproximació del comportament de la peça com a conjunt.

Al tractar-se de programes molt potents, per facilitar la comprensió de l'usuari, els programes de CAD estructuren el procés de disseny mitjançant elements finits en tres etapes bàsiques:

Preprocessat: aquesta etapa és la formulació del problema. Primerament es consideren totes les limitacions i els requisits funcionals de la peça a partir d'un model senzill que ens permetrà obtenir les zones més compromeses i que per tant requeriran d'una major atenció. A continuació es realitza la divisió de la peça en diversos elements de geometria senzilla (malles), aquesta etapa pot ser totalment automàtica agilitzant el procés a l'usuari. Finalment s'introdueixen les propietats físiques del material que es vol estudiar i les condicions de l'entorn, és a dir les forces o pressions que actuen sobre el cos i altres restriccions que s'oposen al desplaçament d'aquest.

Processat: aquesta etapa és on el programa resol les equacions plantejades a partir de les dades introduïdes i proporciona les dades resultants.

Postprocessat: les dades obtingudes de l'etapa de processat requereixen d'un tractament per tal d'extreure conclusions. L'etapa de postprocessat és l'encarregada de dur a terme aquest tractament transformant les dades en gràfics i animacions virtuals que preveuen el comportament de la peça, per tal d'extreure conclusions i detectar errors.(6,7)

4.6. ECODISSENY

L'ecodisseny consisteix en incorporar criteris ambientals a la fase de concepció i desenvolupament d'un producte per tal de disminuir l'impacte ambiental a les diferents fases del seu cicle de vida (des de la fase de producció fins a l'eliminació del producte). Per tant amb aquest concepte, s'afegeix un requisit més a tenir en compte per a la concepció de productes. Amb l'ecodisseny s'aconsegueix que el factor ambiental obtingui una importància similar a altres factors com el cost, la seguretat i la qualitat del producte en qüestió. Tot i així és important que aquest concepte no comprometi els altres esmentats.

Actualment, l'ecodisseny està guanyant importància ja que pot beneficiar a les empreses productores i als usuaris, tant en conceptes econòmics com ambientals:

El productor: el procés de fabricació del producte, consumeix menys material, energia, aigua, etc. A més genera menys residus que requereixen del degut tractament i per tant els costos de fabricació disminueixen.

També pot reforçar la imatge corporativa mitjançant un major respecte pel medi ambient, obtenir un posicionament estratègic en relació als competidors, millorar l'eficiència d'alguns processos de producció, entre altres.

L'usuari: el producte que compri tindrà una durada major i requerirà de menys energia o consumibles per funcionar. (8)

5. FONAMENTS TEÒRICS

5.1. DEFINICIÓ I CLASSIFICACIÓ DELS POLÍMERS

La paraula polímer prové del grec (*poly*, moltes; *mers*, part), ja que consisteix en macromolècules, generalment orgàniques, formades per la unió mitjançant enllaços covalents d'una o més unitats químiques anomenades monòmers i generades a partir de reaccions de polimerització.

Les propietats dels polímers estan determinades per la seva estructura interna, ja que el pes molecular i el grau de polimerització del polímer tenen una important influència.

No obstant algunes propietats es presenten a tots els polímers:

- Bons aïllants de la calor i la electricitat degut a que els seus enllaços són per parells d'electrons i per tant no disposen d'un electró lliure
- Bones propietats mecàniques
- Baix cost de producció
- Alta resistència als productes químics

D'altra banda els polímers també disposen d'altres propietats específiques segons el tipus de polímer.

La classificació dels polímers es pot dur a terme basant-se en diversos criteris:

Segons el seu origen

- Polímers naturals: són polímers que es troben a la naturalesa. Són exemples, les proteïnes, els àcids nucleics, els polisacàrids (com la cel·lulosa), el cautxú natural, la lignina, etc.

Estudi de materials per a la fabricació d'un embornal de piscina

- Polímers semisintètics: són polímers obtinguts a partir de la transformació dels polímers naturals. Per exemple el cautxú vulcanitzat, que s'utilitza per a la fabricació de pneumàtics.
- Polímers sintètics: són polímers obtinguts industrialment sintetitzant monòmers. Alguns exemples són el nylon, el poliestirè, el PVC, el polietilè, etc.

Segons la seva composició química

- Homopolímers: són polímers formats per unitats monomèriques del mateix tipus.

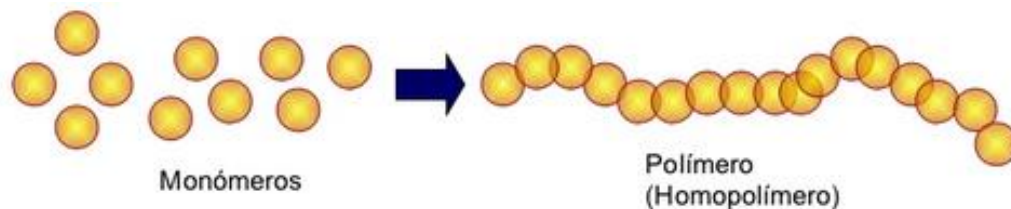


Figura 12: Homopolímer (Font: Wordpress)

- Heteropolímers: són polímers formats per dues o més unitats monomèriques diferents. Si consten de dos monòmers, s'anomenen copolímers.

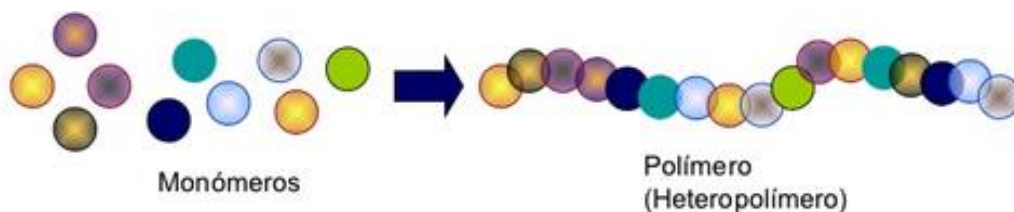


Figura 13: Heteropolímer (Font: Wordpress)

Segons les seves propietats físiques

- Termoplàstics: polímers que a temperatura ambient es troben en estat sòlid, però que en aplicar temperatura passen a estat líquid i són tous i mal·leables. En refredar-se de nou, retornen a l'estat sòlid. Són exemples el polietilè, el polipropilè, el PVC, etc.

Estudi de materials per a la fabricació d'un embornal de piscina

- Termoestables: polímers formats per una estructura d'enllaços covalents molt forts. En elevar la temperatura les cadenes es compacten i el polímer esdevé més resistent, fins que es degrada a causa de les altes temperatures. Són exemples el cautxú vulcanitzat, les resines epoxi, etc.
- Elastòmers: polímers amb propietats elàstiques similars a una goma, ja que es troben sobre la seva temperatura de transició vítria. Un exemple seria el cautxú natural.

Segons la seva estructura

- Polímers lineals: polímers sense ramificacions, formats per monòmers que únicament poden formar dos enllaços, és a dir són monòmers bifuncionals. Un exemple seria el polietilè.

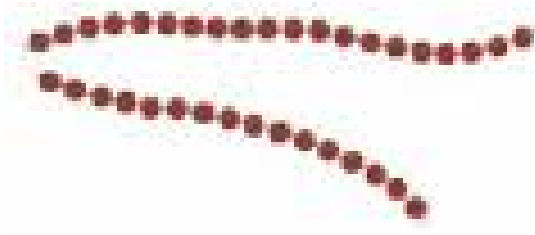


Figura 14: Polímer lineal (Font: Wordpress)

- Polímers ramificats: polímers on la cadena principal està connectada lateralment amb altres cadenes secundàries. Estan formats per monòmers trifuncionals. Un exemple seria el poliestirè.

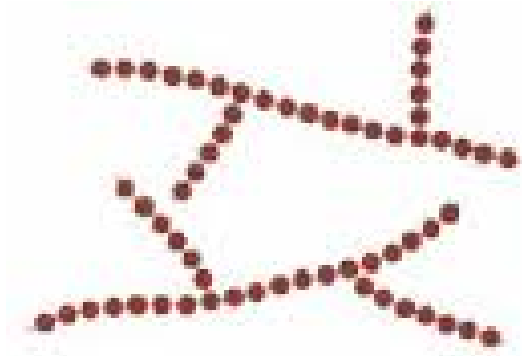


Figura 15: Polímer ramificat (Font: Wordpress)

Estudi de materials per a la fabricació d'un embornal de piscina

- Polímers entrecreuats: polímers on les cadenes lineals són unides mitjançant enllaços covalents. Un exemple seria el cautxú.

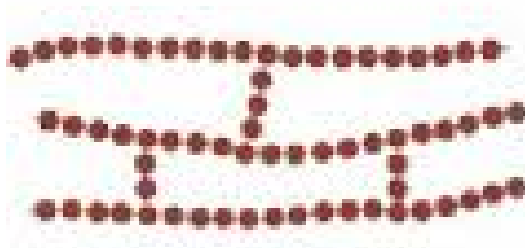


Figura 16: Polímer entrecreuat (Font: Wordpress)

- Polímers reticulats: polímers on les cadenes entrecreuades formen xarxes tridimensionals. Un exemple seria la baquelita.

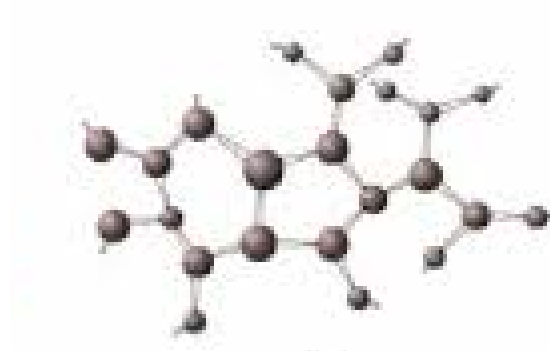


Figura 17: Polímer reticulat (Font: Wordpress)

Segons la naturalesa química de la síntesi (polimerització)

- Polímers per addició: amb aquest procés de polimerització, les molècules del monòmer s'activen per l'efecte d'un catalitzador, produint la ruptura dels dobles enllaços i permetent la formació de cadenes moleculars. Consta de 3 etapes: iniciació, propagació i terminació. Un exemple seria la formació del polietilè.

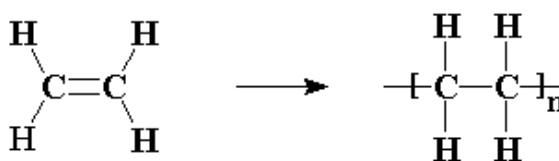


Figura 18: Polimerització de l'etilè (Font: Wordpress)

Estudi de materials per a la fabricació d'un embornal de piscina

- Polímers per condensació: correspon als processos de reacció entre dos monòmers amb grups funcionals diferents on s'elimina alguna molècula lleugera com aigua, amoníac o àcid clorhídric. Per exemple la formació de la poliamida 6,6 o nylon. (9–11)

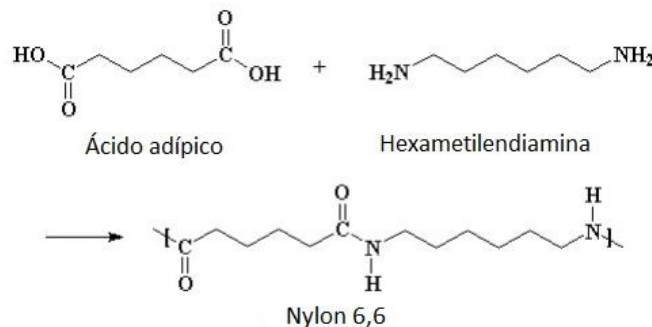


Figura 19: Obtenció de la poliamida 6,6 (Font: Wordpress)

5.2. PROPIETATS DELS POLÍMERS

Les propietats dels polímers estan determinades per la seva estructura interna, ja que el pes molecular i el grau de polimerització del polímer tenen una important influència. No obstant algunes propietats es presenten a tots els polímers:

- Bons aïllants de la calor i la electricitat degut a que els seus enllaços són per parells d'electrons i per tant no disposen d'electrons lliures
- Ofereixen bones propietats mecàniques
- Baix cost de producció
- Baixa densitat, que els fa lleugers i fàcils de manejar

En algunes aplicacions els polímers han substituït els metalls, a continuació es comparen els avantatges i inconvenients dels polímers respecte els metalls:

Avantatges respecte els metalls:

- Resistència química i a la corrosió
- Aïllament elèctric

Estudi de materials per a la fabricació d'un embornal de piscina

- Baix desgast en la majoria de casos
- Cost menor
- Major lleugeresa

Desavantatges dels plàstics:

- Limitacions degudes a la temperatura
- Absorció d'humitat i fluids lubricants presents
- Dependència de la forma de la peça i el tipus de fabricació(12,13)

5.3. OBJECTIU DE MODIFICAR ELS POLÍMERS

Els polímers es poden modificar fàcilment amb l'ajuda d'additius depenent de l'aplicació que es requereixi. Els propòsits principals per dur a terme una modificació del material són una reducció del cost del producte o una millora de les propietats d'aquest.

Els additius més utilitzats són:

- Càrregues i reforços: s'utilitzen en una gran varietat d'aplicacions industrials gràcies als nombrosos avantatges que proporcionen, principalment durabilitat i resistència i rigidesa. Les més utilitzades són les fibres de vidre i vegetals, altres polímers o càrregues minerals.
- Colorants i pigments: s'utilitzen per donar color i opacitat al producte, però no alteren les propietats del material.
- Estabilitzants: redueixen el deteriorament del polímer a causa de l'exposició a la intempèrie.
- Agents antiestàtics: són aïllants elèctrics que atrauen la humitat de l'aire a la superfície de la peça, reduint la possibilitat de xispa o descàrrega.

Estudi de materials per a la fabricació d'un embornal de piscina

- Plastificants: milloren les propietats i característiques de conformació del polímer. (14)

5.4. EXPOSICIÓ A LA QUE ESTAN SOTMESOS ELS ACCESSORIS DE PISCINA

Els accessoris que conformen una piscina, no es poden produir mitjançant qualsevol material, ja que estan exposats a la llum solar i també als productes químics que s'hi aboquen. Per tant el material de fabricació d'aquests productes ha de ser resistent a aquesta exposició.

Els productes químics que pot contenir una piscina són:

- Clor i compostos derivats del clor: s'utilitzen per desinfectar l'aigua de la piscina.
- Brom i compostos derivats del brom: d'igual forma que el clor es poden utilitzar per desinfectar l'aigua de la piscina.
- Coagulants i floculants (contenen àcid acètic i sulfat d'alumini hidratat): ajuden a eliminar la torbesa de l'aigua, ja que a partir de les petites partícules de brutícia es formen flocs suficientment grans per tal que el filtre els pugui retenir.
- Algicides (contenen àcid tricloroisocianúric sulfat de coure o àcid bòric, compostos d'amoni i àcid sulfúric): eviten la formació d'algues a la piscina.
- Reguladors de pH (contenen àcid sulfúric o hidròxid de sodi): com el nom indica, s'utilitzen per ajustar el pH de la piscina entre 7,2 i 7,6 per tal d'obtenir una aigua equilibrada. (15)

5.5. PROCÉS D'INJECCIÓ

La injecció és un procés adequat per productes de gran consum, ja que la matèria primera es pot transformar en producte acabat ràpidament i amb

Estudi de materials per a la fabricació d'un embornal de piscina

produccions majors d'un producte, més rendible econòmicament és el procés d'injecció.

Les característiques principals de la injecció són:

- La peça s'obté en una única etapa, no requereix de processos d'acabat del producte.
- Requereix de poc o gens de treball sobre la peça obtinguda, en algunes ocasions eliminar la colada o rebaves.
- El procés pot ser totalment automatitzable.
- Les condicions de fabricació són fàcilment reproduïbles, a partir dels paràmetres de la màquina.

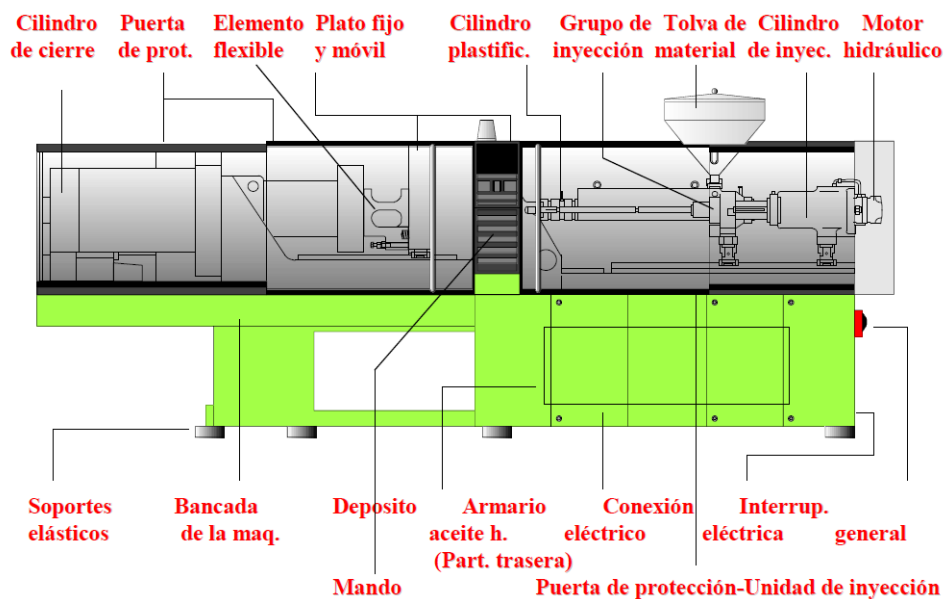


Figura 20: Màquina d'injecció (Font: Engel)

A la Figura 20, es poden observar els elements d'una màquina injectora. El material accedeix a la màquina a través de la tremuja de material i accedeix a l'interior del grup d'injecció, on avança fins a la boqueta que és l'encarregada d'injectar el material a l'interior del motlle.

El motlle s'ubicaria seguidament de la boqueta, entre el plat fixe i el mòbil que és l'encarregat d'obrir i tancar el motlle.

Estudi de materials per a la fabricació d'un embornal de piscina

El procés d'injecció es pot dividir en etapes:

- **Tancament del motlle:** és la etapa inicial, en la qual el motlle es prepara per rebre el material fos. En aquesta etapa el motlle es tanca i s'aplica la força de tanca, la força que realitza la màquina per mantenir el motlle tancat durant el procés d'injecció. La força de tanca que s'aplica pot ser major o menor segons la peça fins a un màxim característic de la màquina.
- **Avançament de la unitat d'injecció:** la unitat d'injecció avança fins que la boqueta es recolza al punt d'entrada de material del motlle.
- **Injecció:** el fuset avança sense rotació i injecta el material a la cavitat del motlle a pressió elevada. El temps necessari per realitzar la injecció variarà segons les variables següents:
 - a) Velocitat d'injecció
 - b) Pressió d'injecció
 - c) Temperatura del material
 - d) Dimensions del motlle
- **Compactació:** el polímer comença a refredar-se dins el motlle que segueix tancat. En refredar-se el material es contrau i per tal de mantenir la pressió a l'interior del motlle durant aquest període, freqüentment s'introdueix lentament material a l'interior de la cavitat. Finalment el material ubicat a l'entrada del motlle solidifica acabant la etapa de compactació. El pes final de la peça, la seva estabilitat dimensional i les tensions internes que poden aparèixer, depenen de la forma que es realitzi aquesta etapa.
- **Retrocés de la unitat d'injecció:** el material de l'entrada ja ha solidificat i no és necessari aplicar pressió, per tant la unitat d'injecció retrocedeix i el fuset comença el moviment rotatori per plastificar el material per la següent etapa. Aquesta etapa és simultània a les que la precedeixen

(refredament, obertura del motlle i extracció de la peça) ja que d'aquesta forma s'aconsegueix accelerar el temps de cicle, temps total per a la fabricació d'una peça.

- **Refredament:** aquesta etapa s'ubica des de la finalització de la etapa de compactació fins a la extracció de la peça del motlle, no obstant el material es comença a refredar des del moment que és injectat i entra en contacte amb les parets fredes del motlle.
- **Obertura del motlle:** simultàniament al retrocés de la unitat d'injecció, el motlle s'obre per tal de poder extreure les peces injectades. El temps d'obertura del motlle és característic de la màquina. (16)

5.6. FABRICACIÓ DE LA TAPA DE L'EMBORNAL DE PISCINA MITJANÇANT INJECCIÓ

La fabricació de la tapa de l'embornal es duu a terme mitjançant el procés d'injecció, ja que amb el procés d'injecció s'obté una velocitat de producció molt superior respecte el premsat i no requereix d'un procés posterior d'acabat de la peça com en un procés d'extrusió.

A més els processos d'extrusió requereixen que el producte a fabricar tingui una secció transversal constant (com els tubs) i per tant seria impossible la obtenció de la tapa de l'embornal mitjançant aquest procés.

Per tant, el procés d'injecció és l'adequat per a la producció de la tapa de l'embornal ja que assegura alta velocitat de producció, fabricació de peces amb secció no homogènia i sense requerir un post-procés d'acabat de la peça.

6. MATERIALS, EQUIPS I MÈTODES

En aquest apartat es detallaran els materials, equips i mètodes utilitzats pel desenvolupament del projecte, d'una banda a les instal·lacions de Sacopa i d'altra a les instal·lacions de la Universitat de Girona.

6.1. MATERIALS

6.1.1. Polímers

PPC 3660: És el material amb el que es fabrica l'embornal de piscina des de l'any 2015 és PP COPO (polipropilè copolímer). És un copolímer que es caracteritza per una baixa fluïdesa, per tant, una bona resistència a la fusió que proporciona facilitat de processament i unes bones propietats mecàniques dels articles fabricats. Aquest material el comercialitza l'empresa Total Polymers. (17)



Figura 21: Material PPC 3660

Repsol Impacto HI2050GM: Aquest material és una TPO que es caracteritza per una mitjana fluïdesa, 19grams/10minuts. Una TPO, és una mescla amb base de polipropilè, elastòmers i càrregues minerals. El PP li proporciona rigidesa i estabilitat, la càrrega elastomèrica aporta flexibilitat i resistència a l'impacte superior que el PP i finalment la càrrega de mineral proporciona major rigidesa al material.

Freqüentment, per obtenir bones propietats d'impacte s'utilitzen materials de molt baixa fluïdesa. En canvi amb aquest material la mitjana fluïdesa permet millorar la productivitat, ja que es pot injectar amb més facilitat i també reduir les

Estudi de materials per a la fabricació d'un embornal de piscina

temperatures de treball envers altres materials amb menor fluïdesa i consegüentment disminuir el consum elèctric. Material comercialitzat per l'empresa Quimidroga. (18)

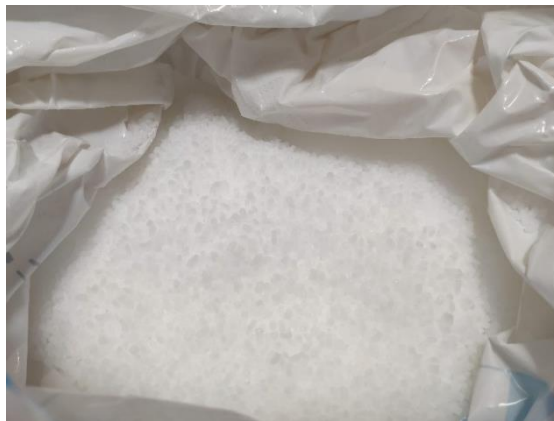


Figura 22: Material Repsol Impacto HI2050GM

NEALID XN090-1199: És un material compostat en un 40% de PP i un 60% de PA6. La base de PA6 manté les bones propietats de resistència tèrmica que posseeix aquest material i el PP concedeix al material rigidesa i la propietat de bloquejar l'absorció d'humitat que freqüentment caracteritza la PA6. El proveïdor del material és AD Majoris. (19)



Figura 23: Material NEALID XN090-1199

EE107-7865: El material EE107-7865 és un compost de polipropilè amb un 10% de càrregues minerals. Està desenvolupat principalment per a aplicacions de para-xocs de vehicles. El material és comercialitzat per l'empresa AD Majoris. (20)

Estudi de materials per a la fabricació d'un embornal de piscina



Figura 24: Material EE107-7865

PP ISPLEN PB171H1M: És un copolímer de mitjana fluïdesa que conté polipropilè mesclat amb poliolefines. El comercialitza l'empresa Quimidroga. (21)



Figura 25: Material PP ISPLEN PB171H1M

Additiu Vistamaxx 6102: Additiu olefínic que aporta càrrega elastomèrica al material base. Es caracteritza per una baixa fluïdesa, provocant que sigui un bon additiu pel PP amb el que actualment es fabrica l'embornal a Sacopa. Material comercialitzat per l'empresa Interpolimeri. (22)



Figura 26: Additiu Vistamaxx 6102

Estudi de materials per a la fabricació d'un embornal de piscina

6.1.2. Productes químics

Lleixiu: La lleixiu utilitzada consisteix en una dissolució d'hipoclorit de sodi (NaOCl) al 3,7%. És una lleixiu comercial de la marca MICAL.



Figura 27: Lleixiu comercial

Salfumant: El salfumant és una dissolució d'àcid clorhídric (HCl) al 26% i també és comercialitzat per la casa MICAL.



Figura 28: Salfumant comercial

PH minus CTX-10: Aquest producte és una dissolució d'àcid sulfúric (H_2SO_4) al 30%. És comercialitzat per la casa CTX Professional.



Figura 29: pH minus CTX-10

Estudi de materials per a la fabricació d'un embornal de piscina

PH plus CTX-20: Aquest producte consisteix en una dissolució d'hidròxid de sodi (NaOH) al 35%, també és comercialitzat per la casa CTX Professional.



Figura 30: pH plus CTX-20

6.2. EQUIPS

6.2.1. Aparell de melt flow index

Per tal de mesurar l'índex de fluïdesa que caracteritza els materials i assegurar que la fluïdesa indicada pel proveïdor és correcta, s'ha utilitzat un equip de la casa Techlab Systems.



Figura 31: Aparell de melt flow index

6.2.2. Estufa

Per tal d'evitar que el material absorbeixi humitat que podria provocar problemes a la hora d'injectar o de dur a terme les mescles (el pes no seria correcte) s'utilitza una estufa i així el material està sec quan s'utilitza.

L'estufa utilitzada és de la casa Dycometal.



Figura 32: Estufa per assecar els materials

6.2.3. Balança analítica

Per realitzar les mesures de massa per tal de dur a terme la barreja de PPC 3660 i Vistamaxx s'ha utilitzat una balança de la casa Kern amb una precisió d'una dècima.

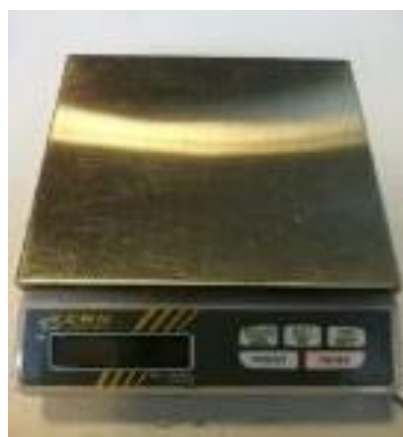


Figura 33: Balança analítica

6.2.4. Brabender Mixer

La Brabender Mixer, model 30/50 EHT de la casa Plasti-Corder, és la màquina amb la que es realitzen les mescles de PPC 3660 i Vistamaxx. Bàsicament consisteix de 3 sectors amb resistències que fonen el material i gràcies a dos corròns es barreja obtenint una mescla homogènia.



Figura 34: Brabender mixer

6.2.5. Molí triturador

El molí s'utilitza per triturar les mescles de PPC 3660 i Vistamaxx, consisteix d'unes pales metàl·liques que giren a alta velocitat i d'aquesta forma s'obté la gransa per a la injecció de les provetes. El molí que s'utilitza és de la casa Retsch.



Figura 35: Molí triturador

6.2.6. Inyectores

6.2.6.1. Inyectora per a la injecció de les provetes

Per injectar les provetes amb les que es realitzen els assajos de tracció, flexió i impacte per a la caracterització dels diferents materials s'ha utilitzat una inyectora de la casa Arburg i el 220M 350/90 amb una força de tanca de 350 kN.



Figura 36: Inyectora Arburg

6.2.6.2. Inyectores per a la injecció de la tapa de l'embornal

Per la fabricació de la tapa de l'embornal s'han utilitzat dues Inyectores, segons la disponibilitat:

D'una banda s'ha utilitzat una inyectora Krauss Maffei del model KM 200/1400 C1 amb una força de tanca de 2000 kN.



Figura 37: Inyectora Krauss Maffei

Estudi de materials per a la fabricació d'un embornal de piscina

D'altra banda també s'ha utilitzat una injectora Engel ES 750/175 HL-V amb una força de tanca de 1750 kN.



Figura 38: Injectora Engel

6.2.7. Cambra climàtica

Per tal de poder assajar les provetes injectades, la normativa ASTM D618 requereix que es mantinguin durant 48 hores a una temperatura de $23^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ i una humitat del 50% abans d'assajar-les. La cambra climàtica utilitzada és de la casa Dycometal.



Figura 39: Cambra climàtica

6.2.8. Peu de rei

Per realitzar els diferents assajos de tracció, flexió i impacte és necessari saber les dimensions d'amplada i gruix de les provetes. Per dur a terme aquestes mesures s'ha utilitzat un peu de rei electrònic de la casa Stainless Hardened.



Figura 40: Peu de rei

6.2.9. Màquines universals

6.2.9.1. Màquina universal per assajos de tracció i flexió

Aquest equip s'ha utilitzat per a la realització dels assajos a tracció i flexió per tal de caracteritzar els materials. L'equip és de la casa IDM test.



Figura 41: Màquina universal per assajos a tracció



Figura 42: Màquina universal per assajos a flexió

6.2.9.2. Màquina universal per assajos de càrrega a un punt

Amb aquest equip s'han realitzat els diferents assajos de càrrega a un punt a la tapa de l'embornal, per simular els assajos que es realitzen per la certificació de compliment de la norma. L'aparell és de la casa Instron.



Figura 43: Màquina universal per assajos de càrrega a un punt

6.2.10. Equips pels assajos d'impacte

6.2.10.1. Entalladora

Els assajos d'impacte segons el mètode Charpy, s'han dut a terme amb provetes amb entalla. Per realitzar l'entalla a les provetes s'ha utilitzat l'equip de la Figura 44. L'entalladora és de la casa Ceast.

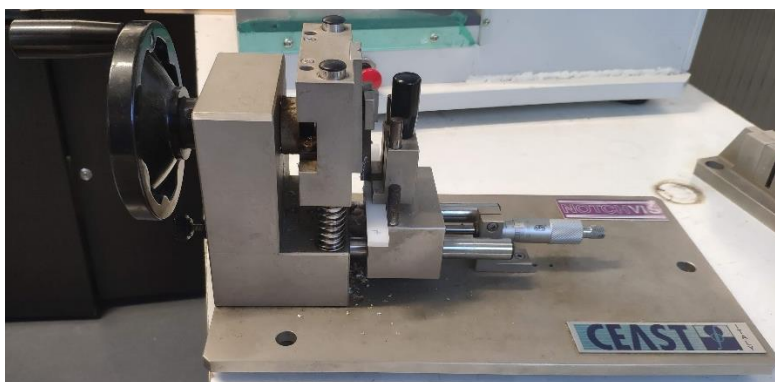


Figura 44: Entalladora de provetes

6.2.10.2. Pèndols pel assajos d'impacte

Per realitzar els assajos d'impacte, Charpy i Izod, s'ha utilitzat l'equip de la Figura 45 i Figura 46 de la casa IDM test. Com es pot observar, el pèndul i el suport de la proveta a la part inferior de l'equip, varien segons el mètode utilitzat per realitzar l'assaig.



Figura 45: Equip per assajos d'impacte segons el mètode Charpy



Figura 46: Equip per assajos d'impacte segons el mètode Izod

6.2.10.3. Utiltatge per assajos d'impacte de la tapa d'embornal

L'utiltatge utilitzat per la realització dels assajos d'impacte consisteix en un tub per assegurar que el pes descendeix verticalment i centrat a la peça, diversos orificis per variar l'alçada a la que es realitza la prova i finalment un útil a la part inferior on es fixa la tapa de l'embornal.

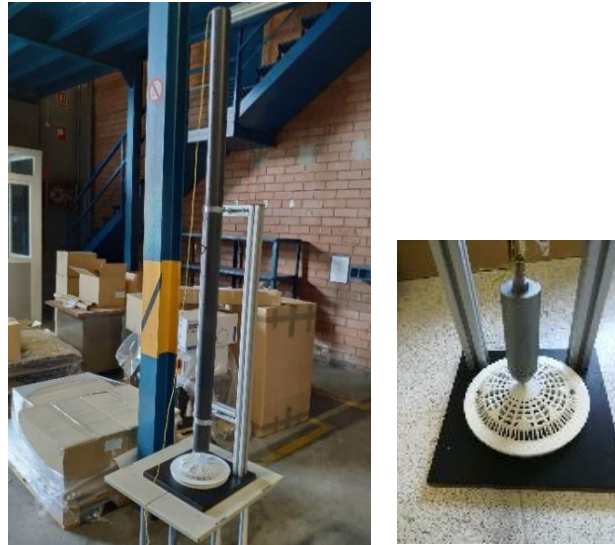


Figura 47: Utilatge pels assajos d'impacte de la tapa de l'embornal

6.2.10.4. Microscopi

En alguns materials a simple vista no s'aprecia cap fractura després de realitzar els assajos de càrrega a un punt i d'impacte, llavors s'utilitza el microscopi per observar possibles fractures. L'aparell és de la casa Tagarno.



Figura 48: Microscopi

6.3. MÈTODES

6.3.1. Caracterització del material

6.3.1.1. Índex de fluïdesa (MFI)

L'índex de fluïdesa d'un material és un assaig utilitzat per obtenir la viscositat d'un material, és a dir la resistència que presenta el material a fluir. Aquest concepte té relació directa amb el pes molecular del material.

El procediment a seguir és introduir uns grams de gransa a l'aparell i escalfar a una temperatura normalitzada en funció del plàstic que es duu a terme la mesura. Seguidament s'aplica una pressió a través d'un pistó (també normalitzada segons el material). Sabent la temperatura i la pressió aplicada l'aparell mesura la quantitat de material que flueix a través de la broqueta per unitat de temps, obtenint el valor de l'índex de fluïdesa en grams/10 minuts.

Un pes molecular elevat indica un índex de fluïdesa baix, és a dir, la massa de material fos posseeix una viscositat elevada. D'altra banda un pes molecular baix indica una viscositat baixa i és ideal per la injecció del material.

6.3.1.2. Preparació dels materials

Tots els materials utilitzats ja es reben preparats per a la seva injecció, a excepció del Vistamaxx que en tractar-se d'un additiu pel PP COPO, primerament s'ha de realitzar la mescla. Per dur a terme la mescla s'utilitza la Brabender Mixer operant de forma discontinua (en batch) i les seves condicions de treball són les següents:

Taula 1: Condicions de treball de la Brabender Mixer

Massa màxima per càrrega	50 g
Temperatura	185 °C
Velocitat de rotació dels corrns	50 rpm

Estudi de materials per a la fabricació d'un embornal de piscina

Per la injecció de les provetes per la posterior caracterització del material, es requereix d'uns 400g de material. Per tant es realitzen unes 8-10 càrregues de material.

Es realitzen dues mescles amb diferents quantitats d'additius per poder veure l'efecte d'aquest. D'una banda es realitza una primera mescla amb un 3% d'additiu i de l'altra amb un 5% d'additiu.

Per assegurar una bona mescla es treballa a 185°C, ja que el punt de fusió del PP COPO és 165°C i el de l'additiu Vistamaxx també està al voltant dels 160°C. Una vegada introduïts els dos materials es deixarà uns 5 minuts per assegurar una bona homogeneïtzació, a més, la velocitat de rotació dels corrns (50 rpm) ens ajuda a aconseguir la homogeneïtzació de la mescla.

Després d'obtenir la mescla de cada càrrega i abans que es refredi, es separa en fragments de material més petits (la meitat de la mescla) per tal de facilitar el triturat que es duu a terme posteriorment. És important separar en fragments més petits perquè és un material amb bones propietats mecàniques, en especial a l'impacte, i si els fragments són grans provoquen que el molí s'encalli.

Una vegada obtingudes les mescles de les diferents càrregues i separades en fragments de menors dimensions, es trituren amb el molí de ganivetes per obtenir la gransa que seguidament s'utilitzarà per a la injecció del material.

6.3.1.3. Injecció de les provetes

Amb el material triturat o amb la gransa proporcionada pel proveïdor dels materials ja preparats per a la seva injecció, es produeixen les provetes amb les que posteriorment es podran caracteritzar els diferents materials. La injectora, permet ajustar la temperatura de les diferents zones de la injectora, la pressió, el volum i la velocitat d'injecció. Els valors d'aquests paràmetres variaran depenent del material que s'injecti i s'ajustaran per evitar diversos possibles problemes com els que es comenten seguidament:

Provetes faltades de material: aquest defecte es produeix quan una peça es solidifica abans d'emplenar-se completament la cavitat del motlle. Les causes poden ser diverses:

- Càrrega de material al plastificador insuficient
- Temperatura de fusió del material a l'interior de la injectora insuficient
- Velocitat d'injecció excessivament lenta
- Pressió d'injecció insuficient
- Temperatura de la broqueta insuficient

Les provetes amb aquest defecte no poden ser utilitzades pels assajos de caracterització del material i per tant és necessari ajustar els paràmetres esmentats per obtenir les provetes amb les dimensions adients per dur a terme els assajos.

Provetes recremades: aquest defecte és degut a la degradació tèrmica de la massa. El resultat obtingut pot ser una disminució de la longitud de la cadena molecular (decoloració platejada) o un canvi de la macromolècula (decoloració marronosa). Les possibles causes de la degradació tèrmica són:

- Temperatura excessivament alta
- Velocitat d'injecció excessiva
- Temps de permanència al plastificador excessiu

Per tal de solucionar el problema es pot disminuir la velocitat d'injecció o la temperatura d'injecció.

Estudi de materials per a la fabricació d'un embornal de piscina

A la Taula 2 es poden observar els paràmetres operacionals de la injectora Arburg per a la obtenció de les provetes.

Taula 2: Paràmetres operacionals injectora Arburg

Material	Pressió (bar)	T. boquilla (°C)	T. zona 1 (°C)	T. zona 2 (°C)	T. zona 3 (°C)	T. zona 4 (°C)	Volum injectat (cc)	Temps refredament (s)
PPC 3660	500	220	200	190	185	180	26,5	30
PPC + Vistamaxx	600	220	200	190	185	180	28	30
Repsol Impacto	400	230	200	195	185	175	26,5	30
NEALID	400	230	200	195	185	175	26,2	30
EE107-7865	400	220	200	190	185	180	26,5	30
PP ISPLEN	400	220	200	190	185	180	26,5	30

6.3.1.4. Assajos a tracció i mòdul de Young

Els assajos a tracció també es realitzen amb la màquina universal i es regeixen per la norma ISO 527 i ASTM D638 que estableix que la distància entre mordaces ha de ser de 11,5cm i la velocitat entre 1 i 5mm/min.

Una vegada realitzats els assajos a tracció, es duren a terme les corbes d'esforç-deformació per poder observar el comportament del material a tracció. Per tal d'obtenir aquestes corbes cal calcular la resistència a tracció i la deformació:

Càlcul de la resistència (σ): la resistència o esforç és la relació entre la força aplicada (F) en N i l'àrea (A) a la que s'aplica la força en mm². La força aplicada és una dada obtinguda de la màquina d'assaig i l'àrea es pot calcular a partir del gruix i l'amplada de la proveta (calculats per dur a terme els assajos).

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Equació 1: Càlcul de l'esforç

On la resistència σ (MPa), la força F (N) i l'àrea A (mm²).

Càlcul de la deformació (ϵ): la deformació és la relació entre l'increment de longitud (ΔL) de la proveta respecte a la seva longitud inicial (L_0).

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \cdot 100$$

Equació 2: Càlcul de la deformació

On la deformació ϵ (%), l'increment de longitud ΔL (mm) i la longitud inicial L_0 (mm).

6.3.1.5. Assajos a flexió

Els assajos a flexió es realitzen amb la màquina universal segons la norma ISO 178 i ASTM D790. La norma ISO 178 investiga el comportament a la flexió per determinar la resistència, el mòdul i altres aspectes relacionats amb la deformació a la flexió. Per la seva banda la norma ASTM D790, descriu el

procediment adequat per dur a terme l'assaig. Estableix que la velocitat màxima no pot superar els 2mm/min i que el punt on s'aplica la força sigui al punt mig de la proveta.

6.3.1.6. Assajos d'impacte

Els assajos d'impacte es poden realitzar segons els mètodes Charpy i Izod i els resultats obtinguts respectivament no són comparables degut a les diferències a la geometria de les provetes assajades.

El mètode Charpy està regulat per la norma ISO 179 i consisteix en un assaig en el que es situa la proveta horitzontalment sobre els recolzaments de la part inferior de l'equip i el pèndol es deixa caure des de la seva posició vertical fins a impactar amb el punt central de proveta. Sabent l'alçada inicial i final del pèndol i depenent de la trajectòria del pèndol després de l'impacte, s'obté l'energia absorbida per la proveta. Amb aquest assaig d'impacte s'obté la tenacitat i resiliència del material expressada en kJ/m^2 .

L'impacte consta de dues etapes, una primera de fractura i una altra de propagació de la fractura. Per tal de poder quantificar les dues fases, es realitzaran assajos de provetes amb entalla i sense entalla. La norma requereix que a les provetes amb entalla, s'ha de deixar 10,16mm de la seva amplada sense tallar. Els resultats obtinguts en els assajos de provetes amb entalla corresponen a la propagació de la fractura i els resultats obtinguts en els assajos de provetes sense entalla corresponen a la fractura més la propagació d'aquesta.

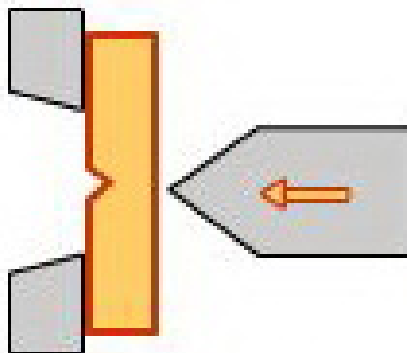


Figura 49: Esquema de l'assaig d'impacte Charpy amb entalla (Font: Wordpress)

Estudi de materials per a la fabricació d'un embornal de piscina

El mètode Izod està regulat per la norma ISO 180 i consisteix en un assaig en el que primerament la proveta es divideix en dos fragments de dimensions idèntiques i a les meitats obtingudes es realitza una entalla d'igual forma que a l'assaig de Charpy amb entalla. Llavors es situa la proveta verticalment al suport inferior de l'equip i es deixa caure el pèndol des de la seva posició vertical fins a impactar amb la part superior de la proveta. Sabent els angles de sortida i arribada s'obté l'energia absorbida per la proveta. Amb aquest assaig d'impacte s'obté la tenacitat i resiliència del material expressada en J/m.

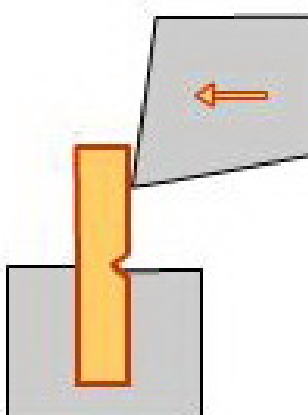


Figura 50: Esquema de l'assaig d'impacte Izod (Font: Wordpress)

6.3.1.7. Assajos químics

A l'apartat 5.4 s'han especificat els productes químics als quals pot estar exposat un accessori de piscina i amb aquest assaig es comprova que l'efecte dels productes químics amb més presència a la piscina i amb més efecte sobre els accessoris d'aquesta és mínim.

Per dur a terme l'assaig s'han utilitzat 24 provetes de les que s'utilitzen pels assajos d'impacte i flexió, ja que són els assajos que es realitzaran posteriorment perquè són els aspectes de més interès per tal de superar els requisits de la normativa aplicable a l'embornal de piscina.

S'utilitzen 24 provetes, ja que com a mínim es considera que s'han de testejar 5 provetes per cada producte químic i deixar 4 provetes com a blanc per tal que el test es consideri representatiu.

Estudi de materials per a la fabricació d'un embornal de piscina

Primerament, les provetes es pesen i s'enumeren. A continuació es reparteixen en 4 recipients amb diferents productes que simulen les condicions de la piscina:

Recipient 1 – Salfumant: dissolució d'àcid clorhídric (HCl) al 26%. S'utilitza freqüentment com a producte de neteja per les parets de la piscina

Recipient 2 - Lleixiu comercial: dissolució d'hipoclorit de sodi (NaOCl) al 3,7%. Simular grans concentracions de clor, com és el cas habitualment dels tractaments de xoc.

Recipient 3 - pH minus: dissolució d'àcid sulfúric (H₂SO₄) al 30%. Producte molt utilitzat per a regular el pH de l'aigua de la piscina.

Recipient 4 - pH plus: dissolució d'hidròxid de sodi (NaOH) al 30-35%. D'igual forma que el producte anterior també és molt utilitzat per regular el pH de l'aigua.

Es deixen les provetes en remull amb els productes durant uns dies. Generalment, es considera que 7 dies d'exposició és suficient per comprovar l'efecte dels productes al material. En el cas que ens implica es va considerar oportú un temps de dues setmanes per tal d'assegurar un temps de residència elevat.

En superar els dies establerts per a l'assaig, es netegen i s'assequen les provetes per pesar-les de nou i comprovar si existeix una pèrdua de material que indicaria que el producte químic té efecte al material.

Per tal de corroborar els resultats obtinguts amb la pesada, es duen a terme assajos de flexió i impacte de tres provetes de cada material i producte químic i es comparen els resultats amb els resultats de les provetes que no han estat en contacte amb cap dels productes químics utilitzats per l'assaig.

6.3.2. Assajos de simulació de la norma UNE-EN 13451-3

L'objectiu d'aquestes proves és simular els assajos d'impacte per a la certificació de compliment de la norma aplicable a la tapa de l'embornal.

6.3.2.1. Assajos de càrrega a un punt

La norma especifica que s'ha d'utilitzar una màquina equipada amb una puntera d'acer de 50mm de diàmetre amb un radi de 50 ± 15 mm i que la peça s'ha de sotmetre a una càrrega vertical a un punt (punt central) amb una velocitat d'entre 5 i 6,5 mm/min fins que la peça trenqui o s'assoleixi una força de 2700 ± 50 N.

Per tal que el material superi l'assaig, l'objecte no ha de presentar pèrdues de material una vegada assolit el valor de càrrega de 2700 ± 50 N. En cas de deformació permanent no es considera falla.

Per comprovar si el material ha superat l'assaig o si pel contrari ha aparegut alguna fractura a la peça en qüestió s'utilitzarà el microscopi.

6.3.2.2. Assajos de resistència a l'impacte

L'assaig de resistència a l'impacte consisteix en dues fases, una primera de càrrega a un punt i una segona d'impacte.

Càrrega a un punt: la realització d'aquest assaig és idèntic al de l'apartat 6.3.2.1 amb la diferència que en aquest cas la força màxima a aplicar és de 1300 ± 50 N.

Impacte: aquest assaig requereix d'un pes d'acer de 2,3kg amb un diàmetre superior a 50mm i acabat amb puntera arrodonida. El pes es deixa caure des d'una distància d'un metre de forma vertical i alineat amb el punt central de l'objecte.

El procediment per dur a terme els assajos consisteix en fixar la peça a la part inferior de l'utilatge, introduir una clavilla a l'alçada a la que es vol realitzar la prova, introduir el pes per la part superior del tub i finalment retirar la clavilla per deixar caure el pes.

D'igual forma que en l'assaig de càrrega a un punt, per comprovar si el material ha superat l'assaig s'utilitzarà el microscopi.

7. RESULTATS I DISCUSSIÓ

7.1. RESULTATS ASSAJOS DE CARACTERITZACIÓ DELS MATERIALS

7.1.1. Estudi de propietats a tracció

A continuació es mostren els resultats obtinguts dels assajos a tracció.

Taula 3: Resultats assajos a tracció

Material	Resistència màx. (MPa)	Mòdul Young (MPa)
NEALID XN090	33,36 ± 0,84	2039,0 ± 56,32
PPC 3660	22,29 ± 0,87	1491,3 ± 40,7
REPSOL Impacto HI2050GM	13,01 ± 0,1	872,1 ± 43,84
PPC + 3% VISTAMAXX 6102	21,15 ± 0,82	1131,0 ± 77,12
PPC + 5% VISTAMAXX 6102	20,62 ± 0,78	1260,0 ± 111,7
PP EE107-7865	15,59 ± 0,26	1478,5 ± 112,43
PP ISPLEN PB171H1M	18,08 ± 0,36	1154,0 ± 57,88

Durant els assajos de tracció cap dels materials va trencar. A la Taula 3, s'observa que el NEALID, és el material que ofereix millors prestacions a tracció. També que al PPC, en afegir l'additiu Vistamaxx disminueix la seva resistència a tracció. Pel que fa als altres 3 materials s'observa que les seves prestacions a tracció són inferiors, en especial el REPSOL Impacto.

Estudi de materials per a la fabricació d'un embornal de piscina

Seguidament, a la Figura 51 es pot observar les corbes Esforç-Deformació dels diferents materials obtingudes a partir del mètode descrit a l'apartat de mètodes 6.3.1.4.

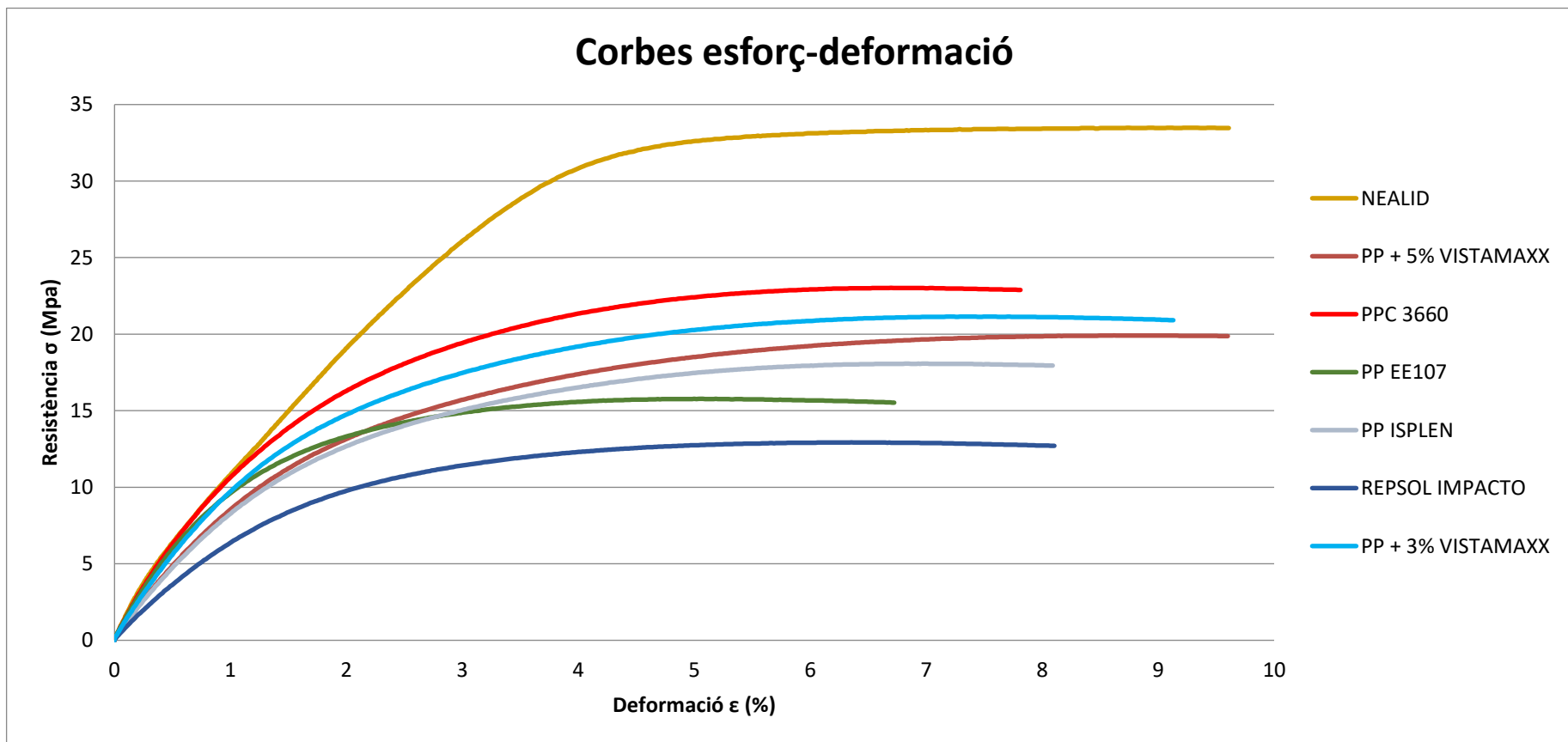


Figura 51: Comparació corbes esforç-deformació

7.1.2. Estudi de propietats a flexió

Seguidament es poden observar els resultats obtinguts dels assajos a flexió.

Taula 4: Resultats assajos a flexió

Material	Resistència màx. (MPa)	Mòdul Flexió (MPa)
NEALID XN090	47,35 ± 2,38	1135,0 ± 61,3
PPC 3660	33,95 ± 3,67	1057,9 ± 116,1
REPSOL Impacto HI2050GM	19,43 ± 2,71	548,8 ± 24,4
PPC + 3% VISTAMAXX 6102	31,55 ± 1,77	1109,0 ± 48,7
PPC + 5% VISTAMAXX 6102	29,81 ± 1,58	943,6 ± 49,8
PP EE107-7865	27,19 ± 2,07	1133,0 ± 55,1
PP ISPLEN PB171H1M	26,21 ± 1,89	921,1 ± 52,4

D'igual forma que en els assajos a tracció, tampoc trenca cap proveta durant les proves a flexió. Es pot observar novament que el material amb millors prestacions a flexió és el NEALID, també s'aprecia que en afegir l'additiu Vistamaxx al PPC es redueix la seva resistència a flexió. Per últim també s'observa que el REPSOL Impacto és el material amb el que s'obté menys resistència a flexió com també s'ha observat als assajos de tracció.

7.1.3. Estudi de propietats a impacte

Aquest estudi s'ha dut a terme en 3 fases d'assajos ja que les provetes d'alguns materials no trenquen completament i això suposa que no s'obtingui una bona repetibilitat dels resultats.

7.1.3.1. Primers assajos d'impacte

Els primers assajos s'han dut a terme a partir del mètode Charpy i el mètode Izod, explicats als punts 6.3.1.6 respectivament.

Seguidament es poden observar els resultats obtinguts amb els dos mètodes.

Estudi de materials per a la fabricació d'un embornal de piscina

Taula 5: Resultats mètode Charpy primers assajos d'impacte

	NEALID	PPC 3660	REPSOL IMPACTO	PP EE107	PP ISPLEN	PPC + 3% Vistamaxx	PPC + 5% Vistamaxx
Resistència a l'impacte (kJ/m ²)	9,133	57,198	66,191	14,002	13,585	48,762	50,776
	12,597	62,750	67,237	13,316	11,817	52,377	53,113
	12,535	63,385	65,791	15,159	13,662	51,459	53,317
	12,866	66,624	63,512	14,102	15,443	52,991	55,561
	12,826	60,483	64,393	18,672	-	-	-
Mitjana	11,991	62,088	65,425	15,050	13,627	51,397	53,192
Desviació	1,604	3,507	1,477	2,129	1,481	1,866	1,955

Taula 6: Resultats mètode Izod primers assajos d'impacte

	NEALID	PPC 3660	REPSOL IMPACTO	PP EE107	PP ISPLEN	PPC + 3% Vistamaxx	PPC + 5% Vistamaxx
Resistència a l'impacte (J/m)	68,966	NO TRENCA	NO TRENCA	291,798	183,281	NO TRENCA	NO TRENCA
	75,549			230,915	193,396		
	83,072			202,832	239,308		
Mitjana	78,213	-	-	238,798	211,646	-	-
Desviació	7,438	-	-	37,632	27,459	-	-

Estudi de materials per a la fabricació d'un embornal de piscina

Referent al mètode Charpy, les provetes sense entalla de tots els materials no trenquen i per tant tots els resultats obtinguts a la Taula 5, són seguint el procediment de Charpy amb provetes amb entalla. D'altra banda amb el mètode Izod, algunes provetes tampoc han trencat com es pot apreciar a la Taula 6.

Aquests assajos, han permès observar que alguns dels materials recomanats pels proveïdors, no tenen la resistència suficient a l'impacte com per considerar que són una alternativa al material actual.

Com es pot apreciar a la Taula 5, la resistència a l'impacte dels materials NEALID, PP EE107 i PP ISPLEN és molt inferior a la resistència que mostra el PPC 3660 (material amb el que es fabrica actualment) i aquests resultats són corroborats a la Taula 6, ja que els 3 materials esmentats trenquen i els altres no. Cal remarcar que la desviació estàndard dels resultats obtinguts a partir del mètode Izod és molt gran i per tant aquests resultats ens poden servir com a aproximació o en aquest cas també per reforçar els resultats obtinguts segons el mètode Charpy, però no com a resultats per extreure conclusions. Aquesta desviació és deguda a que el material no trencava completament en algunes ocasions.



Figura 52: Provetes assajades pel mètode Izod que no trenquen completament

També, s'ha eliminat algun resultat obtingut segons el mètode Charpy dels materials PPC 3660 i PPC amb additiu Vistamaxx, ja que el valor es desviava

Estudi de materials per a la fabricació d'un embornal de piscina

molt de la mitjana dels resultats. Com ja s'ha comentat anteriorment, aquest desviament és degut a que les provetes no trenquen completament i això provoca que els resultats obtinguts no siguin molt fiables i es requereixi d'una segona fase d'assajos. A més es pot observar que en afegir un 3% de l'additiu Vistamaxx al PPC 3660, les prestacions a l'impacte disminueixen, però si la mescla és d'un 5% d'additiu millora les prestacions respecte a la mescla al 3%. Per tant veient aquesta incongruència es decideix realitzar una segona fase d'assajos.



Figura 53: Provetes assajades pel mètode Charpy amb entalla que no trenquen completament

7.1.3.2. Segons assajos d'impacte

Per dur a terme la segona fase, només s'ha utilitzat el mètode Charpy amb entalla, ja que els materials estudiats, no trenquen pel mètode Izod ni pel mètode Charpy sense entalla. S'han estudiat els materials PPC 3660 i PPC amb l'additiu Vistamaxx per tal de comparar-ho amb els primers assajos. En aquesta ocasió només es realitzarà amb un 5% d'additiu.

També s'ha repetit l'assaig del material PP EE107, ja que segons el proveïdor els resultats obtinguts amb els primers assajos haurien de ser superiors.

Estudi de materials per a la fabricació d'un embornal de piscina

Taula 7: Resultats mètode Charpy segons assajos d'impacte

	PPC 3660	REPSOL IMPACTO	PP EE107	PPC + 5% Vistamaxx
Resistència a l'impacte (kJ/m ²)	43,427	55,513	15,817	53,691
	29,308	55,320	15,528	51,568
	24,271	54,501	14,609	56,596
	25,605	56,977	14,071	59,353
	48,033	57,937	14,659	54,007
Mitjana	34,129	56,050	14,937	55,043
Desviació	10,873	1,382	0,717	2,999

Com es pot apreciar a la Taula 7, el material PP EE107 s'obté un resultat molt similar a l'obtingut a la primera fase d'assajos, afegit a una desviació estàndard baixa que assegura una bona repetibilitat. Per tant, aquest material també es descartarà.

D'altra banda, es pot observar que la resistència a l'impacte del PPC 3660 obtinguda en aquesta segona fase difereix molt de la obtinguda a la primera fase. Tot i així, el resultat mitjà obtingut en aquests segons assajos sembla més lògic que el primer ja que en afegir l'additiu Vistamaxx millora les prestacions a l'impacte respecte el material PPC 3660. No obstant la desviació estàndard és elevada.

7.1.3.3. Tercers assajos d'impacte

Amb l'objectiu d'obtenir un resultat amb repetibilitat per tal d'extreure conclusions es repeteixen els assajos d'impacte del material PPC 3660 i també del PPC amb un 5% Vistamaxx.

Estudi de materials per a la fabricació d'un embornal de piscina

Taula 8: Resultats mètode Charpy tercers assajos d'impacte

	PPC 3660	PPC + 5% Vistamaxx
Resistència a l'impacte (kJ/m ²)	26,247	65,338
	31,230	68,712
	30,273	71,692
	36,414	72,352
Mitjana	31,041	69,524
Desviació	4,182	3,208

Com es pot observar a la Taula 8, el resultat obtingut és similar a l'obtingut en els segons assajos. A més, en aquest cas la desviació és inferior, per tant el resultat és més fiable envers els assajos anteriors. Referent a la mescla amb un 5% d'additiu, es pot apreciar que el valor mitjà de resistència a l'impacte és superior respecte les dues primeres fases.

7.1.4. Comparativa dels materials amb millors prestacions a l'impacte

Realitzant les tres fases d'assajos a l'impacte, s'ha pogut observar que els materials amb millors prestacions a l'impacte són el PPC 3660, que s'utilitza actualment per la fabricació del producte, el REPSOL Impacto i la mescla de PPC amb l'additiu Vistamaxx.

Per tant en aquest apartat es duu a terme una comparativa dels resultats d'impacte, tracció i flexió obtinguts d'aquests tres materials, afegint els resultats obtinguts d'una última fase de proves d'impacte amb cadascun dels materials.

A continuació es poden observar les taules amb les propietats de cadascun dels materials esmentats:

Estudi de materials per a la fabricació d'un embornal de piscina

Taula 9: Comparativa resistència a l'impacte

	PPC 3660				REPSOL Impacto			PPC + 5% Vistamaxx			
	Prova 1	Prova 2	Prova 3	Prova 4	Prova 1	Prova 2	Prova 3	Prova 1	Prova 2	Prova 3	Prova 4
Resistència a l'impacte (kJ/m ²)	57,198	43,427	26,247	34,372	66,191	55,513	62,845	50,776	53,691	65,338	52,853
	62,750	29,308	31,230	28,135	67,237	55,320	60,156	53,113	51,568	68,712	57,536
	63,385	24,271	30,273	23,142	65,791	54,501	59,516	53,317	56,596	71,692	57,012
	66,624	25,605	36,414	49,986	63,512	56,977	59,514	55,561	59,353	72,352	53,101
	60,483	48,033		27,640	64,393	57,937			54,007		54,871
Mitjana	62,088	34,129	31,041	32,655	65,425	56,050	60,508	53,192	55,043	69,524	55,075
Desviació	3,507	10,873	4,182	10,481	1,477	1,382	1,587	1,955	2,999	3,208	2,161
Mitjana global	38,613				60,661			58,208			
Desviació global	15,905				4,689			7,595			

A la Taula 9, es pot observar que els dos materials nous aporten unes prestacions de resistència a l'impacte superiors a les del PPC 3660. Tot i així, el resultat obtingut d'ambdós materials és molt similar i és difícil descartar-ne algun.

Seguidament, es reflecteixen gràficament els valors mitjans obtinguts amb les proves d'impacte.

Estudi de materials per a la fabricació d'un embornal de piscina

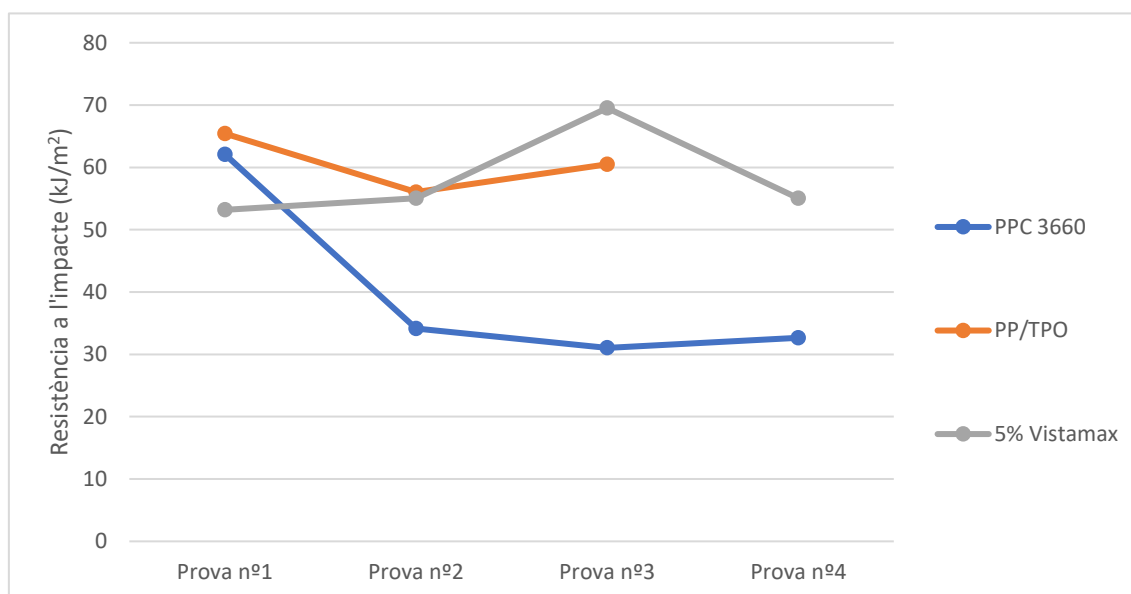


Figura 54: Resultats assajos d'impacte

Amb la representació gràfica es reflecteix clarament que la desviació dels resultats és gran, especialment el material PPC 3660 que amb els primers assajos els valors de resistència obtinguts són molt superiors respecte els dels assajos posteriors. No obstant si que permet observar que la resistència a l'impacte dels materials nous millora respecte el PPC 3660.

Taula 10: Comparativa resistència a tracció i flexió

		PPC 3660	REPSOL Impacto	PPC + 5% Vistamaxx
TRACCIÓ	Resistència màx. (MPa)	22,29 ± 0,869	13,01 ± 0,105	20,62 ± 0,782
	Mòdul Young (MPa)	1491,3 ± 40,673	872,1 ± 43,841	1260,0 ± 111,718
FLEXIÓ	Resistència màx. (MPa)	33,45 ± 3,0	19,43 ± 2,7	29,81 ± 1,6
	Mòdul Flexió (MPa)	1057,9 ± 116,1	548,8 ± 24,4	943,6 ± 49,9

D'altra banda, a la Taula 10, es pot observar que el material que ofereix millors prestacions a tracció i flexió és el PPC 3660 i que en mesclar aquest material amb un 5% de l'additiu Vistamaxx, la seva resistència a tracció i també a flexió disminueix, mínimament.

Estudi de materials per a la fabricació d'un embornal de piscina

Referent al material REPSOL Impacto, s'obtenen unes prestacions molt inferiors tant a tracció com a flexió.

En definitiva, els resultats obtinguts amb la caracterització dels materials ens han permès descartar els materials NEALID, PP EE107 i PP ISPLEN degut a la seva escassa resistència a l'impacte. També, ens permet adonar-nos que en termes únicament de prestacions a l'impacte, el REPSOL Impacto i el PPC amb l'additiu Vistamaxx poden ser bones alternatives al PPC 3660 que s'utilitza actualment. En canvi, observant les prestacions a tracció i flexió, s'aprecia que el material REPSOL Impacto aporta unes propietats inferiors als altres dos materials, per tant sembla menys adient per a la fabricació de la tapa de l'embornal.

7.1.5. Comparació resultats d'impacte respecte la bibliografia

Segons les dades bibliogràfiques, la resistència a l'impacte del polipropilè copolímer, es situa entre els 10 kJ/m² d'un PP homopolímer fins als 50 kJ/m² que poden aportar alguns PP copolímers.

Òbviament aquests valors, són propietats teòriques i poden desviar-se en les aplicacions experimentals. No obstant, els resultats obtinguts del PPC 3660 es pot observar que estan dins la franja teòrica de resistència a l'impacte i al ser un PP copolímer es situa a la zona superior de l'interval teòric, fet que dona coherència als resultats.

7.1.6. Estudi de la resistència química

L'estudi de resistència química s'ha realitzat pels materials REPSOL Impacto i la mescla de PPC amb un 5% de Vistamaxx.

No s'ha realitzat pel PPC 3660 ja que és el material amb el que es comercialitza la tapa d'embornal actualment i ja està comprovat que l'efecte dels productes químics és pràcticament inexistent. A més estudiant l'efecte a la mescla de PPC amb l'additiu Vistamaxx, també s'està estudiant l'efecte dels productes químics al material PPC 3660.

Seguidament es mostren els resultats obtinguts a l'assaig de resistència química.

Estudi de materials per a la fabricació d'un embornal de piscina

Taula 11: Prova resistència química PPC 3660 + 5% Vistamaxx

PPC3660 amb 5% VISTAMAXX	Temps en remull (dies)	Número de proveta	Pes inicial (g)	Pes final (g)	Pèrdua de pes (%)	Aspecte visual final
Lleixiu (NaOCl 3,7%)	14	1	4,399	4,399	0,00%	No ha canviat
		2	4,406	4,406	0,00%	
		3	4,415	4,415	0,00%	
		4	4,397	4,397	0,00%	
		5	4,400	4,400	0,00%	
Salfumant (HCl 26%)	14	6	4,400	4,400	0,00%	No ha canviat
		7	4,407	4,407	0,00%	
		8	4,400	4,400	0,00%	
		9	4,411	4,411	0,00%	
		10	4,411	4,411	0,00%	
pH plus (NaOH 35%)	14	11	4,405	4,405	0,00%	No ha canviat
		12	4,419	4,419	0,00%	
		13	4,415	4,415	0,00%	
		14	4,406	4,406	0,00%	
		15	4,422	4,422	0,00%	
pH minus (H2SO4 30%)	14	16	4,427	4,427	0,00%	No ha canviat
		17	4,422	4,422	0,00%	
		18	4,412	4,412	0,00%	
		19	4,407	4,407	0,00%	
		20	4,421	4,421	0,00%	

Estudi de materials per a la fabricació d'un embornal de piscina

Taula 12: Prova resistència química REPSOL Impacto

REPSOL Impacto	Temps en remull (dies)	Número de proveta	Pes inicial (g)	Pes final (g)	Pèrdua de pes (%)	Aspecte visual final
Lleixiu Comercial MICAL (NaOCl 3,7%)	14	1	4,551	4,551	0,00%	No ha canviat
		2	4,558	4,558	0,00%	
		3	4,556	4,556	0,00%	
		4	4,568	4,568	0,00%	
		5	4,575	4,575	0,00%	
Salfumant MICAL (HCl 26%)	14	6	4,567	4,567	0,00%	No ha canviat
		7	4,534	4,534	0,00%	
		8	4,538	4,538	0,00%	
		9	4,549	4,549	0,00%	
		10	4,559	4,559	0,00%	
pH plus CTX-20 (NaOH 35%)	14	11	4,547	4,547	0,00%	No ha canviat
		12	4,573	4,573	0,00%	
		13	4,583	4,583	0,00%	
		14	4,556	4,556	0,00%	
		15	4,545	4,545	0,00%	
pH minus CTX-10 (H2SO4 30%)	14	16	4,554	4,554	0,00%	No ha canviat
		17	4,566	4,566	0,00%	
		18	4,550	4,550	0,00%	
		19	4,569	4,569	0,00%	
		20	4,579	4,579	0,00%	

Estudi de materials per a la fabricació d'un embornal de piscina

A la Taula 11 i a la Taula 12, es pot observar l'efecte dels diferents productes químics comercials sobre els materials. S'aprecia que els productes químics no tenen efecte a la massa d'aquests, és a dir els dos materials resisteixen als productes químics als quals poden estar exposats en condicions de piscina.

D'altra banda, es comprova que les prestacions a flexió i impacte tampoc es veuen afectades amb l'exposició als productes químics. Per tant, amb les provetes pesades, es duen a terme assajos a flexió i impacte per tal de comparar els resultats amb els obtinguts sense exposició a productes químics.

Taula 13: Assajos a flexió per resistència química

Material	Producte químic	Resistència màx. (MPa)	Mòdul Flexió (MPa)
REPSOL Impacto HI2050GM	Blanc	19,43	548,8
	Salfumant	18,91	547,3
	Lleixiu	18,78	542,8
	pH plus	18,69	542,1
	pH minus	18,88	546,2
	Mitjana	18,94	545,44
PPC + 5% VISTAMAXX 6102	Blanc	29,81	943,6
	Salfumant	29,79	942,1
	Lleixiu	29,11	912,6
	pH plus	29,27	931,3
	pH minus	29,53	937,4
	Mitjana	29,50	933,40

A la Taula 13, es pot observar que els resultats de les proves a flexió dels dos materials amb tots els productes, són pràcticament idèntics al resultat del blanc realitzat per cada material. És a dir les prestacions a flexió podem considerar que no es veuen afectades per les condicions a les que pot estar exposat el material a una piscina.

Estudi de materials per a la fabricació d'un embornal de piscina

Taula 14: Assajos d'impacte per resistència química

	REPSOL Impacto					PPC amb 5% Vistamaxx				
	Blanc	Salfumant	Lleixiu	pH plus	pH minus	Blanc	Salfumant	Lleixiu	pH plus	pH minus
Resistència a l'impacte (kJ/m ²)	74,469	70,039	67,426	69,328	70,921	72,488	81,787	74,791	71,657	71,841
	72,754	65,957	73,358	66,006	74,496	76,087	74,673	70,133	75,201	67,879
		72,209		68,498	72,6		73,757	72,73	75,007	67,879
Mitjana	73,612	69,402	70,392	67,944	72,672	74,288	76,739	72,551	73,955	69,200
Desviació	1,213	3,174	4,195	1,729	1,789	2,545	4,396	2,334	1,992	2,287
Mitjana global	70,804					73,347				
Desviació global	2,329					2,766				

Estudi de materials per a la fabricació d'un embornal de piscina

A la Taula 14, es comprova que les diferències de resultats entre el blanc i les provetes que han estat en remull amb els productes químics, són mínims. Per tant, es pot considerar que les propietats a l'impacte no es veuen disminuïdes a causa de l'exposició als materials químics que podem trobar a una piscina.

Finalment, també a la Taula 14, es pot comprovar que el resultat obtingut tant pel blanc, com per les provetes exposades als productes químics, és superior als resultats d'impacte obtinguts en assajos anteriors. Però com ja s'ha esmentat anteriorment aquesta diferència pot ser a caus de que la proveta no trenca completament.

7.1.7. Índex de fluïdesa

En aquest apartat, es valoren els resultats d'índex de fluïdesa obtinguts dels materials susceptibles a poder ser òptims per a la fabricació de la tapa de l'embornal. D'una banda el PPC 3660 amb el que ja es fabrica la peça actualment i de l'altre el Repsol Impacto i l'additiu Vistamaxx.

Aquesta prova també ens servirà per veure si el Vistamaxx és compatible amb el PPC 3660.

7.1.7.1. PPC 3660

Com s'aprecia a la Taula 15, la fluïdesa del PPC 3660 és baixa, això significa que el material és més difícil d'injectar, requereix de més pressió, comparat amb materials amb un índex de fluïdesa superior.

També es pot observar que la desviació és baixa i per tant el material és molt homogeni.

Estudi de materials per a la fabricació d'un embornal de piscina

Taula 15: Índex de fluïdesa PPC 3660

Assaig	MFI G (g/10min)
1	1,50
2	1,46
3	1,44
4	1,50
5	1,52
6	1,48
7	1,52
8	1,48
Mitjana	1,49
Desviació estàndard	0,03

7.1.7.2. Vistamaxx 6102

S'aprecia que l'índex de fluïdesa de l'additiu Vistamaxx és molt similar al del PPC 3660, aquest aspecte ajuda a que sigui un additiu compatible per aquest material i que en realitzar la mescla s'obtingui una bona homogeneïtat.

Taula 16: Índex de fluïdesa Vistamaxx 6102

Assaig	MFI G (g/10min)
1	1,28
2	1,28
3	1,26
4	1,22
5	1,28
6	1,26
Mitjana	1,26
Desviació estàndard	0,02

7.1.7.3. Repsol Impacto HI2050 GM (TPO)

Es pot observar que l'índex de fluïdesa d'aquest material és molt superior a la del PPC 3660, això significa que la injecció serà molt més fàcil i requerirà de menys pressió d'injecció.

Taula 17: Índex de fluïdesa Repsol Impacto HI2050GM (TPO)

Assaig	MFI G (g/10min)
1	20,50
2	19,40
3	21,10
4	19,90
5	22,10
6	21,80
Mitjana	20,80
Desviació estàndard	1,08

7.2. RESULTATS ASSAJOS A LA TAPA DE L'EMBORNAL

En aquest apartat es presenten els resultats obtinguts de les proves realitzades segons la norma UNE-EN 13451-3. Aquestes proves es realitzen als materials PPC, PPC amb un 3% de Vistamaxx sense màster, PPC amb un 5% de Vistamaxx sense màster, PPC amb un 3% de Vistamaxx amb un 2% màster i finalment amb el material REPSOL Impacto.

El motiu d'utilitzar dues quantitats diferents d'additiu Vistamaxx és poder observar si una quantitat superior o inferior pot modificar les prestacions de la peça. D'igual forma, es realitzen assajos sense màster i assajos amb màster per comprovar que aquest no influeix a les propietats del material.

En alguns casos s'ha requerit de la utilització del microscopi per observar la presència o absència de fractures a la peça i es reflexa en imatges. Seguidament, a la Figura 55, es pot observar encerclat amb color vermell, la zona de la peça on s'utilitza el microscopi per tal de comprovar la presència de

Estudi de materials per a la fabricació d'un embornal de piscina

fissures. Correspon a la part central, ja que és la zona on la peça ha de resistir un major esforç.

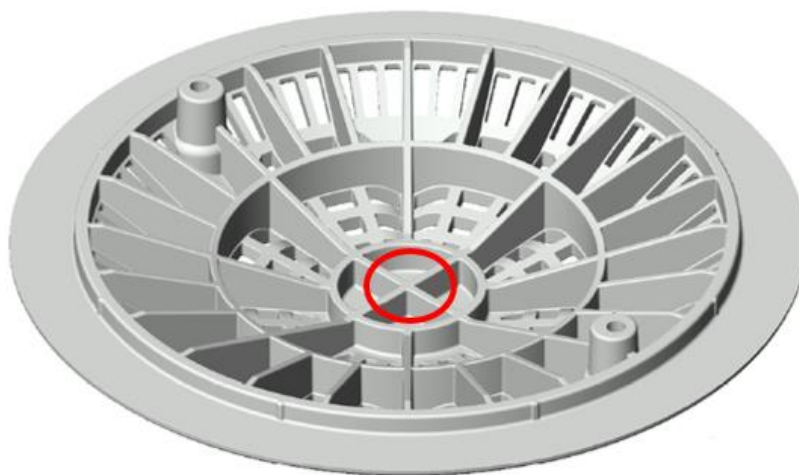


Figura 55: Zona on s'aplica la microscòpia (Font: Sacopa)

7.2.1. Assajos de càrrega puntual

L'assaig de càrrega a un punt s'ha realitzat seguint les especificacions de la norma detallades a l'apartat 6.3.2.1.

Taula 18: Resultats assajos càrrega a un punt de la peça

Material	Resultat obtingut
PPC 3660 amb màster	No fissura
PPC + 3% Vistamaxx sense màster	No fissura
PPC + 5% Vistamaxx sense màster	No fissura
PPC + 3% Vistamaxx amb màster	No fissura
Repsol Impacto	Fissura

A la Taula 18 s'observen els resultats obtinguts dels assajos de càrrega puntual amb cada material. Seguidament s'exposen les fotografies per apreciar l'aspecte de la peça una vegada realitzats els assajos. Com s'ha esmentat anteriorment les imatges corresponen a la part central de la peça.

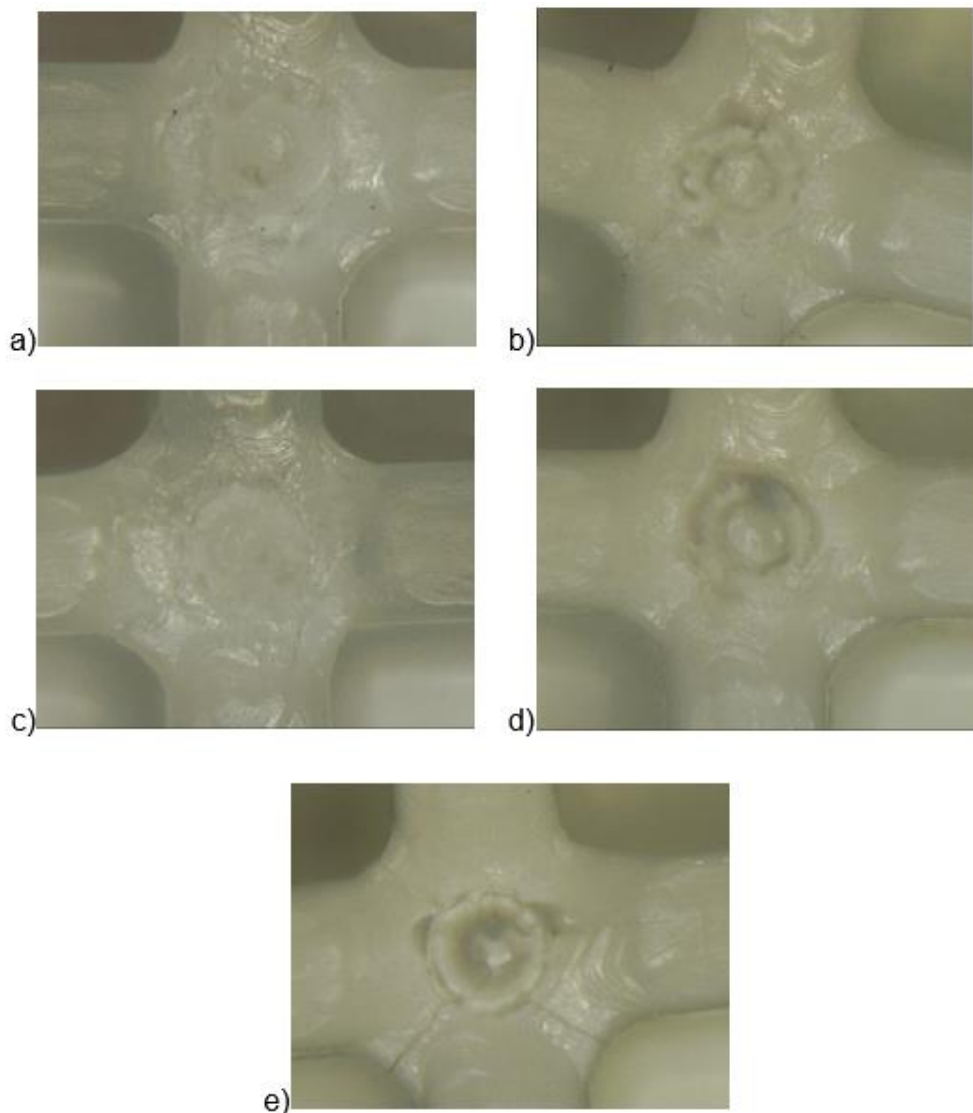


Figura 56: Microscopia. a)Tapa PPC 3660 (sense fissura); b)Tapa PPC+3%Vistamaxx sense màster (sense fissura); c)Tapa PPC+5%Vistamaxx sense màster (sense fissura); d)Tapa PPC+3%Vistamaxx amb 2% màster (sense fissura); e)Tapa de REPSOL Impacto (fractura)

A la Figura 56 es pot comprovar que el material REPSOL Impacto fractura per la zona central de la peça en realitzar l'assaig, no obstant a la resta de figures s'observa que la resta de materials superen l'assaig.

7.2.2. Assajos de resistència a l'impacte

L'assaig de càrrega a un punt s'ha dut a terme seguint les directrius de la norma exposades a l'apartat 6.3.2.2.

Estudi de materials per a la fabricació d'un embornal de piscina

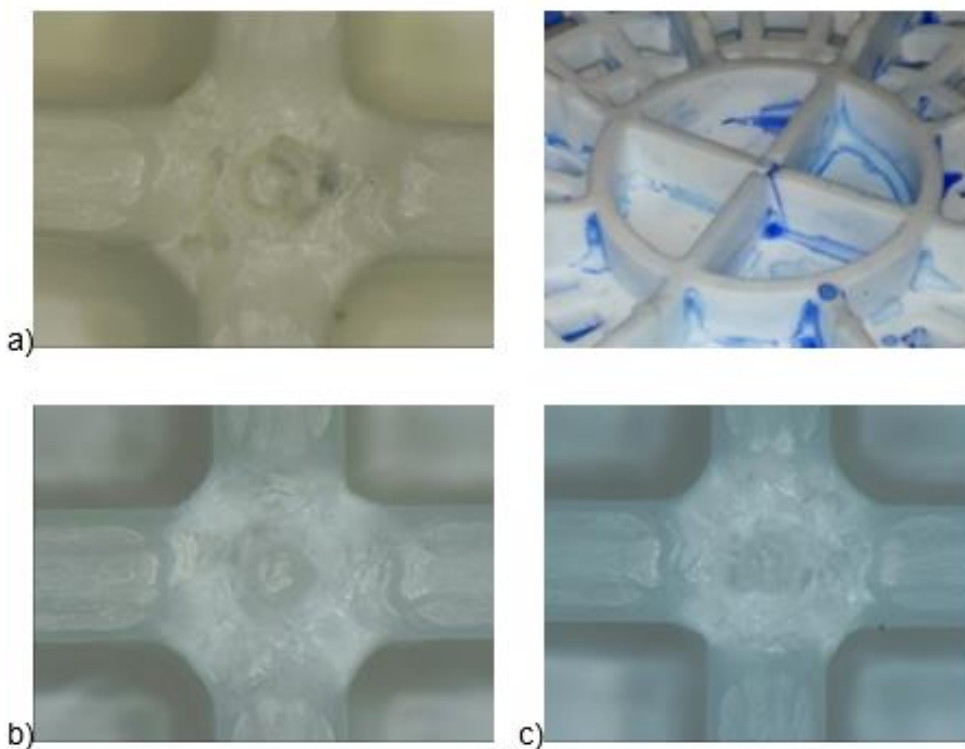
Taula 19: Resultats assajos de resistència a l'impacte de la peça

Material	Resultat obtingut
PPC 3660 amb màster	Petita fissura
PPC + 3% Vistamaxx sense màster	Petita fissura
PPC + 5% Vistamaxx sense màster	Petita fissura
PPC + 3% Vistamaxx amb màster	Petita fissura
Repsol Impacto	Fissura

A la Taula 19 s'observen els resultats dels assajos realitzats amb els diferents materials.

Com es pot apreciar, amb cap dels materials s'obté un resultat satisfactori, ja que fissuren en algun punt.

Aquests resultats es poden corroborar amb les imatges que s'exposen seguidament, on es pot apreciar l'aspecte de les peces després dels assajos realitzats.



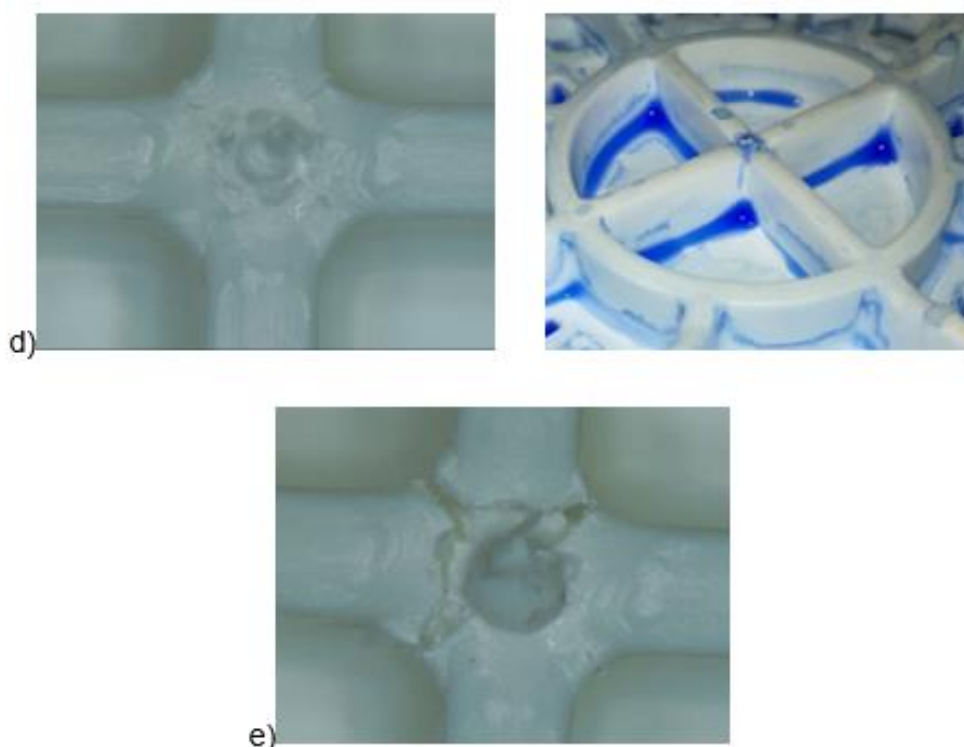


Figura 57: Microscopia. a)Tapa PPC 3660 (petita fissura); b)Tapa PPC+3%Vistamaxx sense màster (petita fissura); c)Tapa PPC+5%Vistamaxx sense màster (petita fissura); d)Tapa PPC+3%Vistamaxx amb 2% màster (petita fissura); e)Tapa de REPSOL Impacto (fractura)

A la Figura 57 es pot comprovar que el material REPSOL Impacto, de forma encara més clara que en l'assaig de càrrega puntual, fractura completament per la zona central de la peça en realitzar l'assaig. Respecte a la resta de materials, s'ha utilitzat un líquid colorant per comprovar si la peça presentava alguna fractura i el resultat obtingut utilitzant el microscopi és la presència d'alguna petita fissura.

7.2.3. Redisseny de la peça

Analitzant els resultats obtinguts amb els diversos materials, s'ha considerat adient valorar un canvi en el disseny de la peça. A partir de diferents alternatives en el disseny de la tapa, mitjançant el disseny assistit per CAD s'han realitzat simulacions dels assajos de càrrega en el punt central de la peça.

A continuació es poden observar el disseny actual de la peça i el disseny que s'ha considerat com a òptim per a la fabricació de la tapa de l'embornal:

Estudi de materials per a la fabricació d'un embornal de piscina

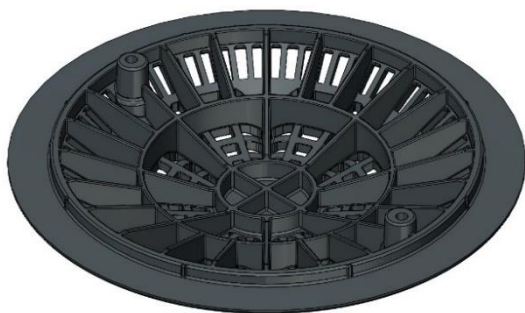


Figura 58: Disseny actual (Font: Sacopa)



Figura 59: Disseny modificat (Font: Sacopa)

Com es pot observar a la Figura 59, principalment la proposta de modificació es basa en alçar els nervis centrals de la peça i afegir més nervis per tal de millorar les prestacions als assajos requerits per la norma.

Seguidament, a la Figura 60, es pot observar la simulació de l'assaig de càrrega en el punt central de la peça, requerit per la norma i que s'ha utilitzat per comparar el disseny actual amb la nova proposta.

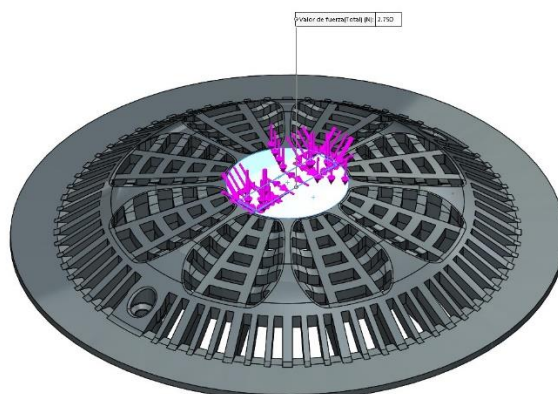


Figura 60: Simulació de l'assaig de càrrega en el punt central de la peça (Font: Sacopa)

Finalment, s'han comparat els resultats obtinguts amb cadascun dels dissenys de la tapa de l'embornal per tal de valorar la viabilitat de la nova proposta.

Estudi de materials per a la fabricació d'un embornal de piscina

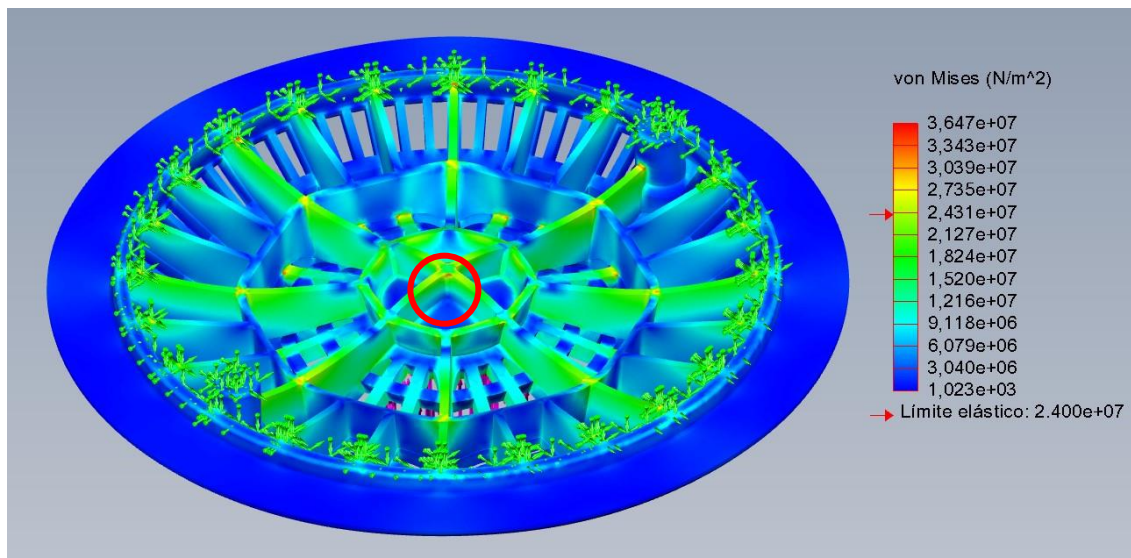


Figura 61: Resultats assaig de càrrega en un punt amb el disseny actual (Font: Sacopa)

D'una banda a la Figura 61 es pot observar que el punt central de la peça, marcat amb una circumferència vermella, és on es genera un esforç major per la tapa de l'embornal durant l'assaig, ja que apareixen zones grogues i vermelloses que així ho indiquen. Aquest fet corrobora que la simulació plasma de forma molt similar la realitat, ja que totes les tapes assajades al llarg del projecte fissuraven en aquesta zona central.

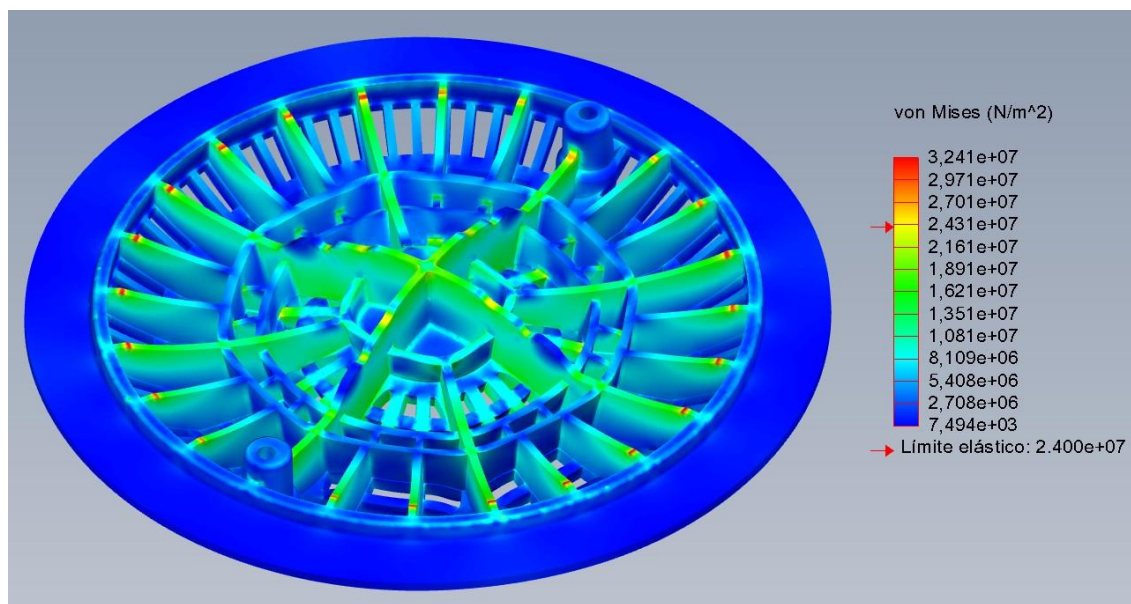


Figura 62: Resultats assaig de càrrega en un punt amb la nova proposta de disseny (Font: Sacopa)

Estudi de materials per a la fabricació d'un embornal de piscina

En canvi si es valoren els resultats obtinguts de la simulació amb el nou disseny de la tapa, com es pot observar a la Figura 62, els punts amb més estrès de la peça ja no es troben en la zona central, sinó que s'ubiquen en els extrems de la peça i repartits de forma homogènia al voltant d'aquesta. A més l'esforç màxim que ha de suportar la peça també és inferior respecte el disseny actual.

Tot i així, es tracta d'una simulació i per tant d'una idealització del procés, és a dir que si es plasmés a la realitat podria no obtenir-se uns resultats idèntics. No obstant, des del departament d'oficina tècnica de l'empresa es valoren positivament els resultats obtinguts de les simulacions i conseqüentment es modificarà el disseny del motlle amb el que es fabrica la tapa de l'embornal, per tal de realitzar proves d'injecció i comprovar si amb aquesta modificació s'assoleixen els requisits especificats per la norma EN 13451-3:2011.

En cas que els assajos amb la peça modificada esdevinguin satisfactoris, es valorarà si és millor fabricar amb el material PPC 3660 com s'ha realitzat fins al moment o si es creu convenient afegir l'additiu Vistamaxx, ja que com s'ha apreciat al llarg del projecte l'additiu aporta una millor resistència a l'impacte.

8. CONCLUSIONS

Primerament, amb els assajos de tracció, flexió i impacte s'ha obtingut la caracterització dels diversos materials proposats pels proveïdors de Sacopa i amb aquests resultats s'han pogut descartar els materials Nealid i EE107-7865 de AD Majoris, així com en el material PP ISPLEN PB171H1M de Quimidroga.

Seguidament, amb els tres materials restants, Repsol Impacto i PPC 3660 i PP amb additiu Vistamaxx, s'ha comprovat l'efecte sobre aquests dels productes químics que poden contenir les piscines. S'ha observat que l'efecte és mínim i per tant són materials òptims per a la fabricació d'accessoris de piscina com la tapa de l'embornal.

Finalment, s'han realitzat assajos sobre la peça fabricada amb els tres materials seguint les especificacions de la norma EN 13451-3:2011 referents d'una banda a assajos de càrrega puntual i d'altra a assajos de càrrega puntual seguit d'assajos d'impacte al punt central de la peça.

Els resultats obtinguts en la última etapa no han estat satisfactoris, ja que d'una banda el material Repsol Impacto ha fracturat per la zona central de la peça en les dues proves i d'altra banda amb els materials PPC 3660 i PPC3660 amb l'additiu Vistamaxx també s'han pogut apreciar petites fractures posteriorment als assajos de càrrega a un punt seguit dels assajos d'impacte al punt central de la peça.

Per tant, valorant els resultats obtinguts, s'ha considerat que no és raonable enviar a certificar la tapa de l'embornal fabricada amb els materials anteriorment esmentats.

Finalment, com a última opció per a la obtenció d'un producte que compleixi amb els requisits de la norma, s'ha considerat adient un canvi en el disseny de la peça i s'han realitzat diverses simulacions amb CAD.

Els resultats de les simulacions han estat satisfactoris i s'ha decidit que es duran a terme les modificacions pertinents al motlle de la tapa de l'embornal antivortex.

9. PRESSUPOST DEL PROJECTE

9.1. EQUIPS

Taula 20: Costos derivats dels equips

Equips	Cost utilització (€/h)	Hores utilització	Cost total
Màquina universal (assajos peça)	50	25	1250
Injectora Krauss	50	10	500
Injectora Engel	50	10	500
Injectora Arburg	50	10	500
Brabender Mixer	50	20	1000
Màquina universal (assajos caracterització)	50	125	6250
Màquina per assajos d'impacte (pèndols)	50	35	1750
		TOTAL	11750 €

A la Taula 20 es mostren els costos referents als equips utilitzats al llarg del projecte. Només s'han tingut en compte els costos dels equips als quals s'aplica una tarifa de cost/hora d'utilització, que s'ha considerat de 50€.

El cost d'utilització de l'equip també inclou el cost del tècnic, per tant ja no es tindrà en compte en el punt 9.3 referent al cost de la mà d'obra.

9.2. MATERIALS

A continuació s'exposa la quantitat de cada material utilitzat i el cost que suposa pel projecte:

Estudi de materials per a la fabricació d'un embornal de piscina

Taula 21: Cost dels materials utilitzats

Material	Cost (€/kg)	Quantitat (kg)	Cost total (€)
PPC 3660	1,41	50	70,5
Repsol Impacto HI2050GM	1,80	50	90
Nealid XN090-1199	4,31	100	431
EE107-7865	2,9	50	145
PP ISPLEN PB171H1M	1,35	50	67,5
Additiu Vistamaxx 6102	1,6	50	80
TOTAL			884 €

9.3. MÀ D'OBRA

Seguidament, s'exposen els costos de la mà d'obra per a la realització del projecte:

Taula 22: Cost de la mà d'obra

Treballador	Cost hores (€/h)	Dedicació (h)	Cost total (€)
Enginyer químic	10	625	6250
Director del projecte	25	20	500
Enginyer suport	18	15	270
Enginyer Sacopa	25	390	9750
Enginyer Sacopa	25	10	250
TOTAL			17020 €

9.4. COST TOTAL

Finalment, es resumeixen els costos totals per a la realització del projecte a la següent taula:

Estudi de materials per a la fabricació d'un embornal de piscina

Taula 23: Cost total del projecte

Concepte	Cost
Equips	11750
Materials	884
Mà d'obra	17020
TOTAL	29654 €

Per tant, el cost total del projecte és de 29.654€, dels quals la major part és atribuïble a la mà d'obra.

10. PLANIFICACIÓ DEL PROJECTE

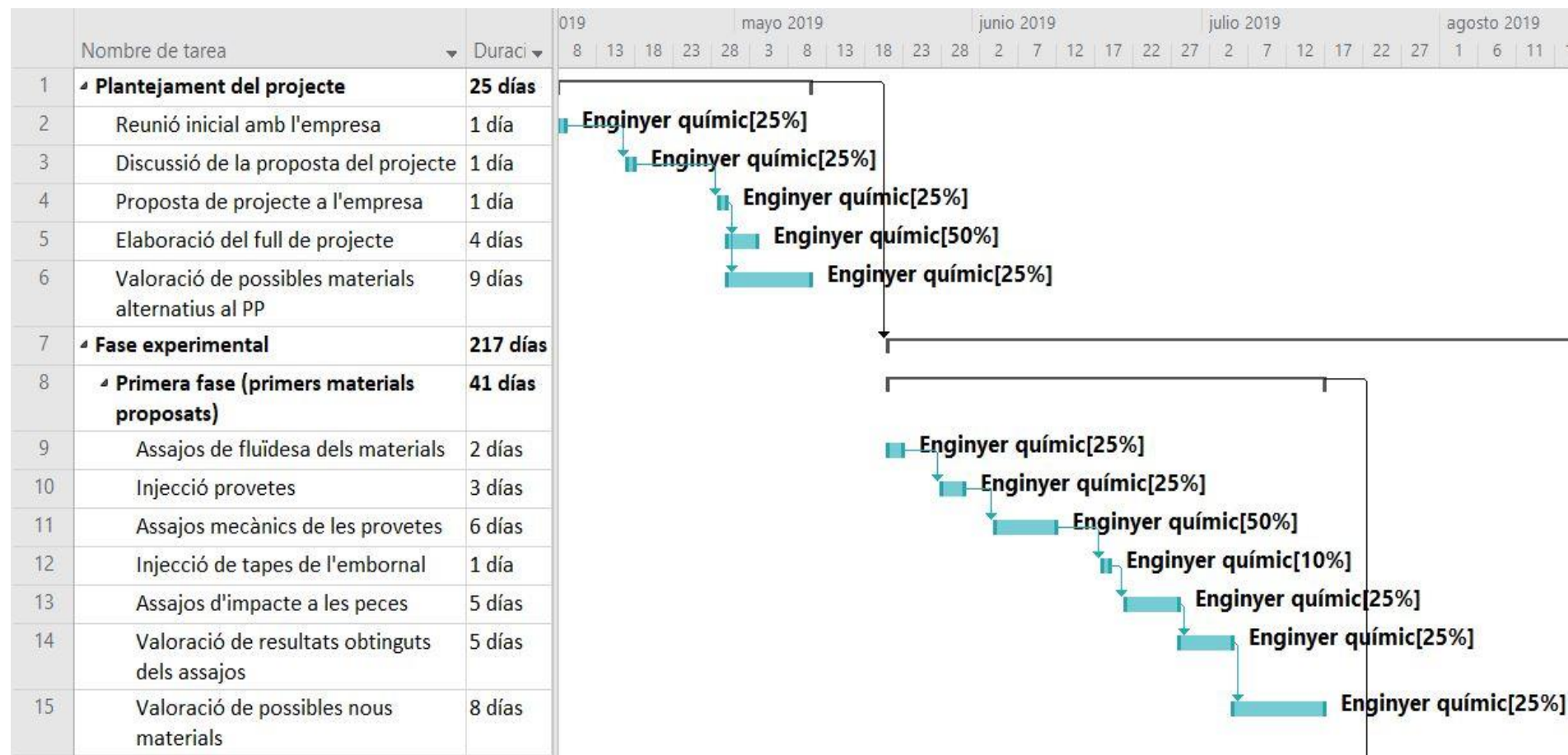


Figura 63: Diagrama de Gantt 1 referent al plantejament del projecte i la primera fase de la part experimental

Estudi de materials per a la fabricació d'un embornal de piscina

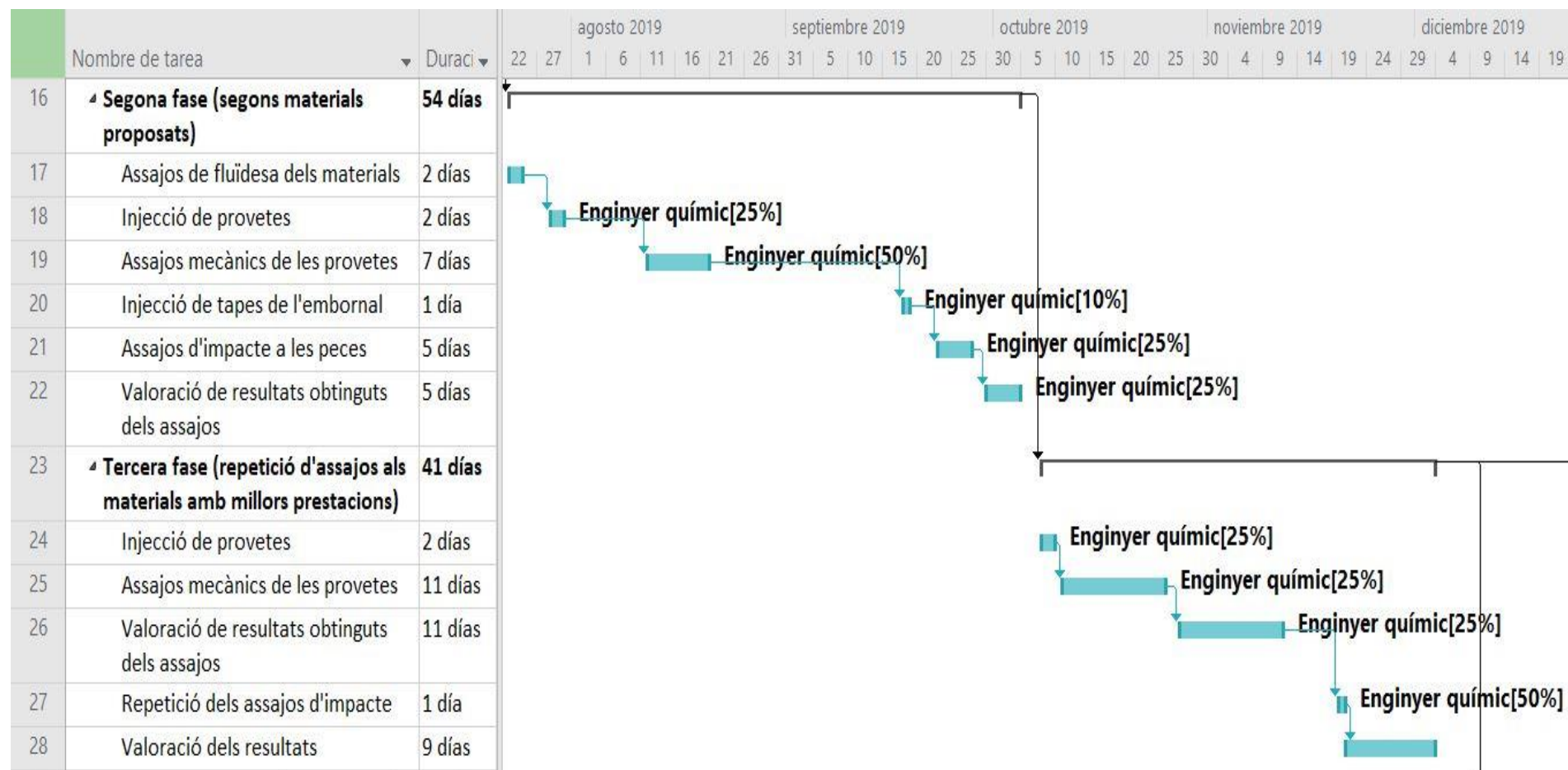


Figura 64: Diagrama de Gantt 2 referent a la segona i tercera fase de la part experimental

Estudi de materials per a la fabricació d'un embornal de piscina

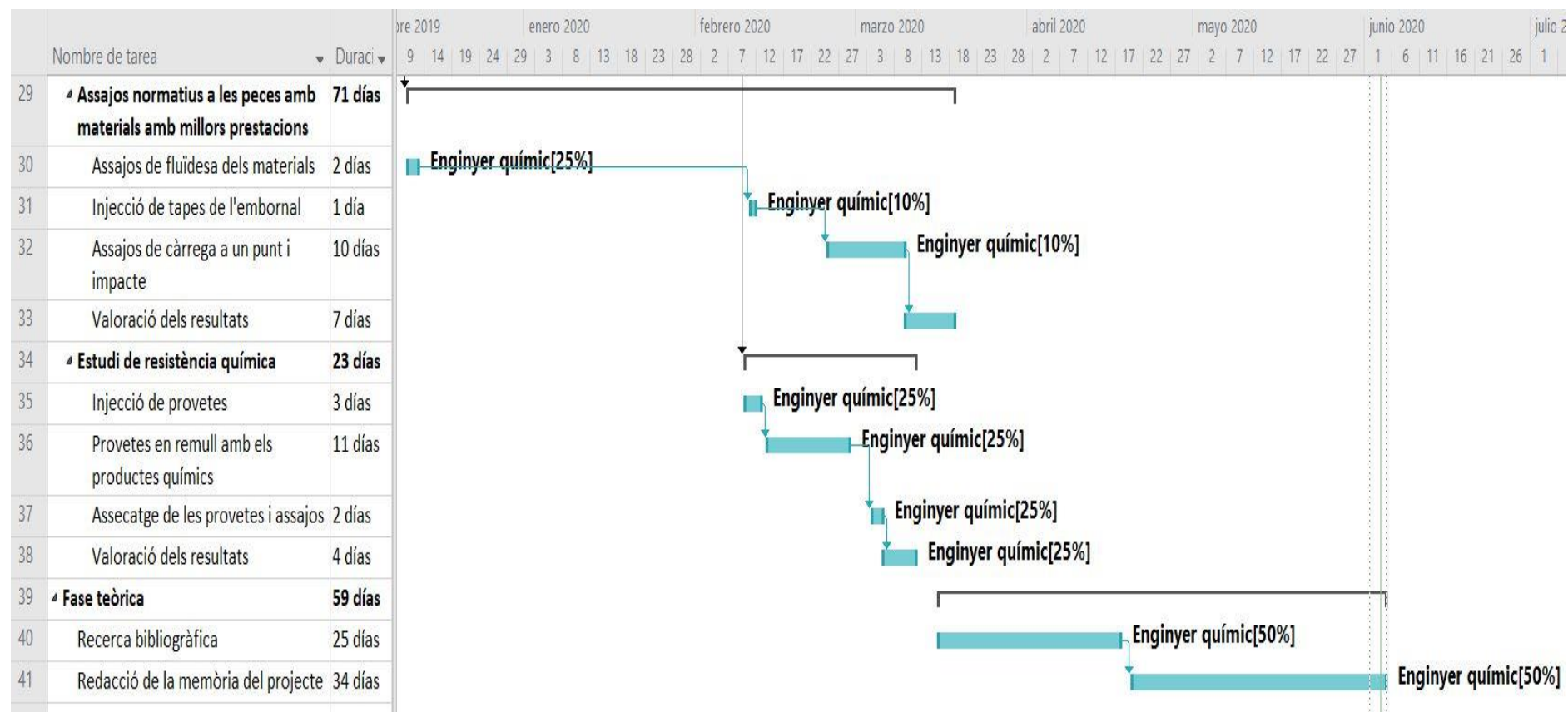


Figura 65: Diagrama de Gantt 3 referent a la fase final de la part experimental i a la fase teòrica

11. BIBLIOGRAFIA

1. Polímero. Available from:
https://www.quimica.es/enciclopedia/Pol%C3%ADmero.html#Seg.C3.BA_n_su_origen
2. Construcción de piscinas - Piscinazos. Available from:
<https://www.piscinazos.com/construccion-de-piscinas/>
3. Sumideros Astralpool. Available from:
<https://www.astralpool.com/es/productos/piscina/equipamiento-vaso/sumideros/>
4. Sacopa 2019
5. Elegir el material del vaso de piscina - Aprende y Mejora. Available from: <https://www.tuandco.com/aprendeymejora/elegir-el-material-del-vaso-de-piscina/>
6. Diseño optimizado de piezas de plásticos - Plástico. Available from:
<http://www.interempresas.net/Plastico/Articulos/4808-Diseno-optimizado-de-piezas-de-plasticos.html>
7. Sánchez M, Gordillo A, Diseño optimizado de piezas de plásticos.
8. ¿Qué es ecodiseño? – Abaleo. Available from: <https://abaleo.es/que-es-ecodiseno/>
9. Nicholson JW. The chemistry of polymers. Royal Society of Chemistry; 2006. 177.
10. Reacciones de Polimerización por Condensación. – Seminario de Actualización Profesional en Ciencia y Tecnología para la Industria de los Polímeros. Available from:

Estudi de materials per a la fabricació d'un embornal de piscina

<https://tecnologiadelospolimeros.wordpress.com/2017/06/27/reacciones-de-polimerizacion-por-condensacion/>

11. Clasificación de los polímeros | Adicción a la. Available from:
<https://adicionalaquimica.wordpress.com/2012/04/02/clasificacion-de-los-polimeros/>
12. Plastics Materials - J A Brydson - Google Llibres. Available from:
<https://books.google.es/books?id=rka3nPiiRi4C&printsec=frontcover&dq=PLASTICS+materials&hl=ca&sa=X&ved=0ahUKEwjysMW0qlbpAhXtAGMBHc8gDWYQ6AEIJjAA#v=onepage&q=PLASTICS%20materials&f=false>
13. Ciencia de los polímeros - Fred W. Billmeyer - Google Llibres. Available from:
<https://books.google.es/books?hl=ca&lr=&id=vL9QrpOKsQcC&oi=fnd&pg=PA1&dq=propiedades+de+los+polimeros&ots=yxLucftqEn&sig=HDVwg4uAKbeHP4wfivAOldpkbLc#v=onepage&q=editor&f=false>
14. Carga y refuerzos - Polimeros termoplasticos, elastomeros y aditivos. Available from:
<https://www.mexpolimeros.com/carga%20y%20renfuerzos.html>
15. Productos químicos piscina | Poolaria. Available from:
<https://www.poolaria.com/118-productos-quimicos-piscina>
16. INYECCION DE MATERIALES PLASTICOS II | Tecnología de los Plásticos. Available from:
<https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/06/inyeccion-de-materiales-plasticos-ii.html>
17. PC24000102-TOTAL-PP PPC 3660-TDS.
18. REPSOL ImpactO ® HI2050GM Provisional.
19. NEALID XN090-1199-TDS.

Estudi de materials per a la fabricació d'un embornal de piscina

20. EE107-7865 POLYPROPYLENE COMPOUND 10 % MINERAL FILLED. Available from: <http://www.admajoris.com>
21. PP ISPLEN PB171 H1M TDS.
22. TDS 6102 EN (Vistamaxx).