

APÈNDIX C: ESTUDI D'IMPACTE AMBIENTAL

L'actual projecte es basa en la construcció d'un únic prototipus per avaluar un algorisme informàtic, i no en la producció en sèrie d'un producte comercial. Això provoca que l'impacte ambiental derivat del projecte sigui molt baix i, per tant, sigui compatible amb l'entorn, ja que el fet més pertorbador del procés es deu als materials de la construcció del prototipus. El desenvolupament de l'algorisme i del software que se'n deriva és un procés puntual i que no genera un impacte apreciable. Els processos de fabricació dels materials emprats en el sistema estructural i l'electrònica, i la forma d'eliminar aquests mateixos materials són els únics punts que cal considerar per un estudi d'impacte ambiental.

C.1. PRINCIPALS ALTERNATIVES CONSIDERADES I ESTUDIADES

Les alternatives que s'han considerat estan relacionades, per una banda, en l'elecció de materials estructurals, que en aquest cas són o bé materials plàstics (polímers) o bé metàl·lics. Els materials plàstics són clarament més contaminants i més difícils de reciclar que els metàl·lics, així que únicament s'han construït d'aquesta forma aquelles peces que tenen requeriments de funcionament específics (ja siguin cinemàtics o dinàmics). En alguns casos també s'ha pensat una alternativa per reduir el seu impacte residual, com ara les peces fabricades en la impressora 3D. El fet de construir aquestes peces amb materials metàl·lics hagués reduït la qualitat del seu funcionament requerit i amb tota seguretat hagués suposat un gran augment del seu cost de construcció.

Per altra banda, existeix un conjunt d'elements electrònics, principalment, l'ordinador, la targeta de comunicacions, els motors, i el dispositiu *miniBird*, usat per determinar la posició i l'orientació de la plataforma. Elements d'aquesta naturalesa són absolutament imprescindibles i les seves possibles alternatives no farien variar de forma fonamental el seu impacte ambiental.

C.2. AVALUACIÓ DELS EFECTES PREVISIBLES DEL PROJECTE

Tal com s'ha comentat prèviament, la part de l'actual projecte que suposa un possible risc ambiental és el sistema estructural i l'electrònica que l'acompanya. Aquesta part consta de diversos elements construïts de diversos materials, els efectes dels quals s'exposen a continuació.

La base i la plataforma del robot, i tal com s'ha citat en el capítol 4, han estat reutilitzades a partir d'una planxa de metacrilat, específicament, d'una utilitzada d'un cartell de l'Institut de Robòtica i Informàtica Industrial. El metacrilat es construeix principalment a partir del mètode de polimerització per emulsió, que consisteix en fer una mescla estable i homogènia de diversos monòmers en aigua [49]. Amb aquest mètode, per produir 1 kg de PMMA es necessiten 2 kg de petroli. Malauradament, els temps de degradació natural de les formes més comuns de metacrilat és



plàstics és molt elevat; un valor normal és la pèrdua del 13% del pes en 120 dies [50].

Les peces construïdes específicament pel projecte utilitzant la tècnica del *rapid prototyping* estan fabricades en acrilonitril butadiè estirè o ABS. L'ABS també es fabrica a base d'emulsió, en aquest cas, estirè, acrilonitril i polibutadiè, i per cada quilogram d'ABS es consumeix l'equivalent de 2 kg de petroli [49]. Com la resta de plàstics, cal reciclar i reutilitzar l'ABS degut al seu elevat temps de degradació. La fabricació per prototipatge ràpid també genera residus en forma del material de suport.

El robot incorpora també poliacetat en les juntes universals. El poliacetat és sensible a l'oxidació i la hidròlisi per àcid però desfer-se'n d'ell d'aquesta forma pot causar un gran impacte, ja que si aquest compost desfet va a parar a aigües públiques pot corroir alguns tipus de canonades.

Les juntes universals també incorporen llautó. Tant el coure com el zinc (els elements del qual està compost) s'extreuen dels minerals per mitjà de pirometal·lúrgia, és a dir, a altes temperatures, es requereixen grans quantitats d'energia i una font de calor que emet gasos contaminants com el CO₂. La indústria de la fosa dels alts forns d'acer també requereix grans quantitats d'energia i altes quantitats de carbó, motiu pel qual pot generar un gran impacte atmosfèric a la regió on es fabrica.

Finalment, el material electrònic consta principalment d'elements plàstics i metàl·lics. El fort creixement tecnològic del darrer segle ha provocat un gran augment de residus electrònics i informàtics, ja que són la base del nivell tecnològic actual [51]. A part, molts d'aquests residus tenen gran quantitat d'elements contaminants com ara plom, beril·li, cadmi o mercuri, materials que cal tractar amb precaució.

C.3. MESURES PREVISTES PER REDUIR O ELIMINAR ELS EFECTES AMBIENTALS SIGNIFICATIUS

La millor forma de reduir l'efecte nociu dels plàstics un cop utilitzats és tractar-los de forma específica o tornar a reutilitzar-los sempre que sigui possible. En el cas del metacrilat, precisament l'ús que se li ha donat prové d'una reutilització anterior, tot i que el fet de ser de dimensions més petites augmenta la ubicació d'aquests material en futurs treballs.

Referent a l'ABS, aquest és un material altament reciclable i molt fàcil de reaprofitar amb el propi procés de *rapid prototyping*, ja que les seves propietats són molt variables amb la temperatura i, a temperatures superiors als 60 °C, resulta molt fàcil de fondre i tornar a utilitzar-lo com a matèria primera. El material de suport també es pot tornar a aprofitar en un factor igual o superior al del material estructural utilitzat en la impressió en 3D, ja que aquest material té unes propietats encara més variables segons els esforços tèrmics exteriors.



El poliacetat utilitzat en les juntes universals es pot reciclar si es busca una forma d'extreure el formaldehid del que està compost i reutilitzar-lo per altres processos, cosa que ja s'ha demostrat amb anterioritat que és possible [52].

Les parts metàl·liques que formen l'estructura del robot són fàcilment reutilitzables i reciclables, tal com demostra la dada de que són metalls els elements més reciclat del planeta [53]. En cas que les propietats necessàries dels metalls per un ús futur no siguin les adequades, la forma per solucionar aquest problema és fer un tractament tèrmic adequat segons aquestes necessitats i el material necessari. En el cas del llautó, que no és ferromagnètic, només cal tenir en compte que, sempre que sigui necessari, es pot extreure fàcilment de la resta de ferralles per mitjà de forces magnètiques. De fet, el llautó un cop separat es torna a formar en barres o lingots. En l'actualitat, el 90% del llautó del món es recicla [54], cosa que redueix el seu cost i impacte a l'entorn.

Finalment, respecte els residus electrònics i informàtics, en l'actualitat a la Unió Europea es disposa de la Directiva de residus d'aparells elèctrics i electrònics que va entrar en vigor l'any 2005 (WEEE 2002/96/EC) i la Directiva en la restricció de substàncies perilloses (RoHS 2002/95/EC) que restringeix l'ús de certs materials com el plom o el mercuri, entre d'altres. A Espanya, les dues directives ja han estat transposades en la legislació nacional dins del Reial Decret 208/2005. Aquestes directives fa assumir a les companyies fabricants els esforços de fabricar ja amb la gestió de residus en ment. En el cas particular del projecte actual, L'únic producte electrònic no adquirit són els circuits de protecció dels motors i ja han estat preparats tenint en consideració aquestes directives. Degut als reduïts volum i dimensions del material electrònic utilitzat, es pot desfer de tot aquest material a partir de la infraestructura local ja preparada per tractar adequadament aquests residus en el moment d'eliminar-los.

C.4. CONCLUSIONS

El projecte actual té poca repercussió en l'entorn ambiental principalment degut al seu reduït volum i l'absència d'una necessitat de producció en massa. En aquest cas només cal tenir en compte la fabricació del prototipus i provar de reutilitzar al màxim els materials. En particular, els metalls es reutilitzen i reciclen en un grau molt alt, ja sigui en usos propis dins de l'IRI o bé portar-los en un punt verd per a ser reaprofitats.

Per altra banda, els plàstics són més difícils de tornar a fer servir, però es poden reutilitzar i reciclar si s'apliquen els mètodes apropiats. El més fàcil és l'ABS que pot tornar a incorporar-se per a ser extrudit en la impressora 3D, així com el seu material de suport. Respecte el metacrilat, s'hauria de tornar a aprofitar sempre que fos possible, per exemple, com a planxes per més prototipus futurs de robots paral·lels. Finament, el poliacetat cal tractar-lo de forma especial, feina que hauria de realitzar una empresa especialitzada.

Els materials informàtics i electrònics que ja no siguin d'utilitat haurien de ser depositats en els llocs de reciclatge adequats ja que, per normativa, s'han de reciclar sempre que sigui possible.



