

Gradu Amaierako Lana
Ingenieritza Kimikoko Gradua

EPDM-zko Norabide hauts babesle baten balioztatzea eta propietate fisiko-kimikoen eragina aplikazioan

Egilea:

Ainara Plaza Aguirre

Zuzendariak:

Gorka Elordi Foruria

Jose Santos Maiztegui

Kozuzendariak

Miriam Arabiourrutia Gallastegi

Nerea Cocera Vizuete

AURKIBIDEA

1. SARRERA ETA HELBURUAK.....	3
1.1 POLIMEROAK.....	3
1.2 ELASTOMEROAK	7
1.2.1 Bulkanizazioa.....	7
1.2.2. Elastomeroen portaera	8
1.2.3. Elastomeroen egoerak.....	11
1.2.4. Elastomeroen kristalizazioa	12
1.2.5. Elastomero motak eta aplikazioak.....	14
1.3 PIEZEN AURKEZPENA ETA ERABILITAKO MATERIALAREN NONDIK NORAKOAK	17
1.4 AUTOAN DUEN KOKAPENA ETA FUNTZIONALITATEA	19
1.5 HELBURUAK	21
2. ATAL ESPERIMENTALA	21
2.1 PROBETA BAT ZER DEN ETA NOLA LORTU.....	21
2.2 LAGINEN KARAKTERIZAZIOA	24
2.2.1. Gogortasun neurketa	24
2.2.2. Dentsitatearen determinazioa	25
2.2.3. Trakzio saiakuntza	25
2.2.4. Zaharkitze saiakuntza.....	28
2.3 NORABIDE HAUTS BABESLEEN BALIOEZTAPENA.....	28
2.3.1. Karga deformazioa.....	28
2.3.2. Water submersion	30
2.3.3. Tentsioen erlaxazioa eta Pressure mapping.....	31
3. EMAITZAK.....	33
3.1 KARAKTERIZAZIOA	33
3.2 PIEZEN BALIOZTAPENA	36
3.2.1. Karga deformazioa.....	36
3.2.2. Water submersion	42
3.2.3. Tentsioen erlaxazioa eta Pressure mapping.....	44
4. ONDORIOAK	53
5. BIBLIOGRAFIA	56
6. NOMENKLATURA.....	57
7. ANEXOIA.....	59

1. SARRERA ETA HELBURUAK

Lan honetan kautxuzko norabide hauts babesle batzuen balioeztapen prozesua eta azterketa fisikoa burutu da, horrela merkatuan, beronen propietate fisiko-kimikoei esker, berauen funtzionalitate egokia bermatzen dela ziurtatzeko.

Kautxu Naturala *Hevea brasiliensis* zuhaitzean espiralki egindako ebakitik (zuhaitzaren enborraren luzeran zehar), horizontalarekiko 30°-ko angeluarekin, lortzen den substantzia likidoari dagokio. Latex-a deritzon jariakin hau beroaren edota azidoen bitartez koagulatu daiteke. Garbiketa eta lehorketa prozesuak behin burututa merkaturatzeko prest egongo da. Teknika honen bitartez kautxu naturala soilik lortzen bada ere, jatorri sintetikoak ere existitzen dira (Winspear, 1968). Kautxu naturala ez bezala, sintetikoak hiru etapen bidez lortzen dira, lehenbizi monomeroaren fabrikazioa, non alkohola, azetilenoa eta petroleotik eratorritako produktuak gehituz lortzen den, ondoren polimerizazioa eta azkenik bulkanizazioaren bidez elastomero edota kautxu delakoaren lorpena. Kautxu sintetikoaren sorrera Bigarren mundu Gerran Alemaniara kautxu naturalaren inportazioaren debekuekin batera iritsi zen. Material natural honen funtzio bera burutuko zuen ordezkatzailerik baten premia asetu nahian kautxu sintetikoa lortu zen Alemanian. Hasiara batean butadienoaren fabrikazioa burutu zen eta ostean beronen polimerizazioa eta erretikulazioa, horrela kautxu sintetikoa lortuz (Vidal de Cárcer, 1984). Lan honetan Etilen-propilen-dienoa, EPDM-a alegia, deritzon kautxu sintetikoa erabili da, zein aurrerago landuko den.

Kautxua alde batera utzita, berau lortzeko prozesuaren lehenengo nagusiaren inguruan mintzatuko da jarraian.

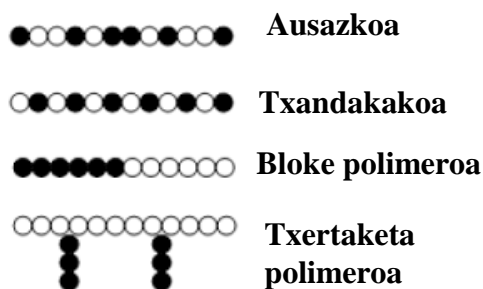
1.1 POLIMEROAK

Polimeroak monomero deritzon unitateen errepikapenez osatutako kateei deritze, zeintzuk lotura kobalenteen bidez elkartzen diren.

Egiturari dagokionez homopolimeroak, unitate bakarra errepikatzen deneko kasua, edota kopolimeroa, bi unitate edo gehiago errepikatzen direneko kasuak, bereiz daitezke. Kopolimeroen artean hurrengo hauek bereizten dira:

- ❖ Ausazko kopolimeroak: Monomeroak ausazko kokapenarekin aurkitzen dira kate nagusian, ez dago inolako antolamendu konkreturik.
- ❖ Txandakako kopolimeroak: Errepikapen unitate ezberdinak txandaka kokatuz doaz katea osatuz.
- ❖ Bloke-kopolimeroak: Monomero berdinen segidak bata bestearen alboan kokatzen dira multzoak eratuz.
- ❖ Txertaketa-kopolimeroak: Monomero berdinez eratutako kate nagusiari gainontzeko monomero segidak atxikitzen zazikio adarkadura bezala.

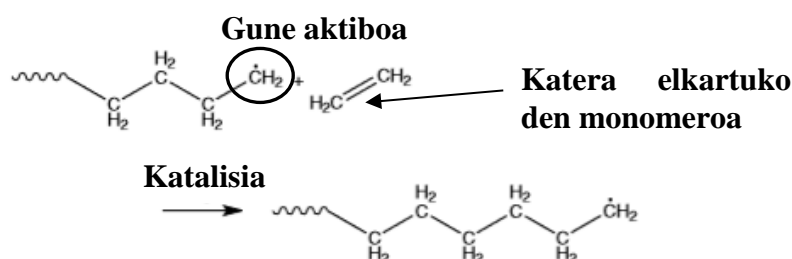
1. Irudian aurreko polimero egituren irudikapenak adierazten dira.



1.- Irudia. Ausazko, txandakako, bloke polimero eta txertaketa polimeroen egiturak.

Polimerizazio fasea burutzeko bi prozesu bereizi daitezke nagusiki, adizio polimerizazioa edota kondentsazio polimerizazioa. Adizio polimerizazioari dagokionez, lotura bikoitzak dituzten monomeroak kate nagusiko muturrean gehituz doaz, horrela “kate hazkuntza” deritzon prozesuari bide emanez. Kondentsazio polimerizazioan berriz, monomeroak molekula txikien ezabapenarekin kate luzeagoak eratzen doaz, “etapakako hazkuntza” deritzon prozesua eginez. Jarraian mota biak azalduko dira xehetasun gehiago aipatuz.

Adizio polimerizazioarekin hasiz, kasu honetan katalizatzaile bat gehituko da erreakzioa martxan jartzeko. Ondoren kate nagusiko bukaeran aurkitzen den gune aktiboko elektroiak monomero baten lotura bikoitza erasoko du, horrela lotura bikoitza hautsiz lotura bakun bat lortuz eta beraien elkarketa gauzaturaz. Hurrengo 2. Irudian monomero bat gune aktiboan txertatzerakoan lortzen den polimeroaren prozesua ikus daiteke.

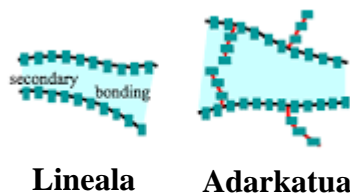


2.- Irudia. Adizio polimerizazioaren adibide bat. Monomeroa kate nagusiko gune aktiboan txertaturaz.

Adizio polimeroen artean isotaktikoak, sindiotaktikoak eta ataktikoak bereiz daitezke.

- ❖ Isotaktikoak: taldeak kate nagusiaren alde berean aurkitzen direneko kasuak.
- ❖ Sindiotaktikoak: Taldeak txandaka ageri dira kate nagusiaren aldeetan.
- ❖ Ataktikoak: Taldeek ausazko kokapena dute.

Jarraian azaltzen den 3. Irudian polimero isotaktiko, sindiotaktiko eta ataktikoaren adibide bana aurkezten dira.



6.- Irudia. Polimero lineal eta adarkatuaren irudikapena.

Polimero motekin jarraituz, bi taldetan sailkatu daitezke: polimero termoplastikoak eta polimero termoegonkorrak.

- ❖ Termoplastikoak: Polimero termoplastikoak linealak dira, zeintzuk adarkatuta egon daitezkeen ala ez. Beraien arten elkarlotuta ez daudenez, zenbait disolbatzaile organikotan solugarriak dira, urtzeko gaitasuna dute eta horrez gain hozterakoan hasierako egoera berreskuratu dezakete. Aurki daitezkeen polimero termoplastikoen artetik, polietilenoa (PE), polipropilenoa (PP), poliestirenoa (PS) eta poli(kloruro biniloa) (PVC) dira gehien ekoizten direnak.

Polimero batek aplikazio termoplastikoak izan ditzan, beira trantsizio tenperatura, T_g (material amorfoa baldin bada), edota fusio tenperatura, T_m (material kristalinoa baldin bada) giro tenperatura baino altuagoak izan behar dute. Hori dela eta, termoplastikoek propietate mekaniko onak dituzte, moldaerrazak dira eta nahiko ekonomikoak. Abantailak alde batera utzita aipatu behar da nola erraz urtzeko gaitasuna dutela. Ez dira erabilgarriak tenperatura altuetako aplikazioetan, izan ere beraien T_g tenperatura gaindituta, biguntzen hasten dira, propietate mekanikoen galera jasanez.

- ❖ Termoegonkorrak: Termoegonkorrak kateen arteko elkar-gurutzaketan (erretikulazioa) lotura kobalenteak dituzten polimeroak dira. Sare egitura lortuta, lotura kobalenteen gogortasuna dela eta ezinezkoa da materiala urtzea. Horrez gain, tenperatura altuan ez dira berotzen, erre egiten baitira eta hozterakoan ez dute hasierako egitura berreskuratzen. Mota honetako polimeroak pisu molekular baxuko produktuak molde batera jariatuz lortzen dira, horrela molde barnean presio, tenperatura eta denbora jakin batean elkar-gurutzaketa eman eta azken produktua lortzeko. Erretikulazioak makromolekula termoegonkor bati bide ematen dio, tenperatura altuetan lan egiteko, erresistentzia kimiko altuko eta gainazaleko gogortasun ona bezalako propietateak eskainiz. Bi motatako polimero termoegonkorrek bereizi daitezke beira-trantsizio tenperaturaren arabera. Alde batetik beira-trantsizio tenperatura giro tenperatura baino altuagoa dituztenak eta bestetik T_g tenperatura giro tenperatura baino askoz baxuagoak. Azken talde honetakoak dira elastomeroak, zeintzuk hurrengo lan hau burutzeko erabili diren. Azken hauek gorputz plastikoak dira, zeintzuk bulkanizazioaren bitartez beraien atal plastikoa partzialki edota guztiz elastiko bilakatzen duten. Elastomeroa osatzen duten monomeroak nahikoa lotura bikoitz izan behar ditu polimerizazioa gertatzeko (Vidal de Cárcer, 1984). Beronen adibide ezagunena kautxua da, zein lan honetarako erabili diren piezen materiala den.

Elastomeroak behin aipatuta, orain sakonago aztertuko dira datozen ataletan.

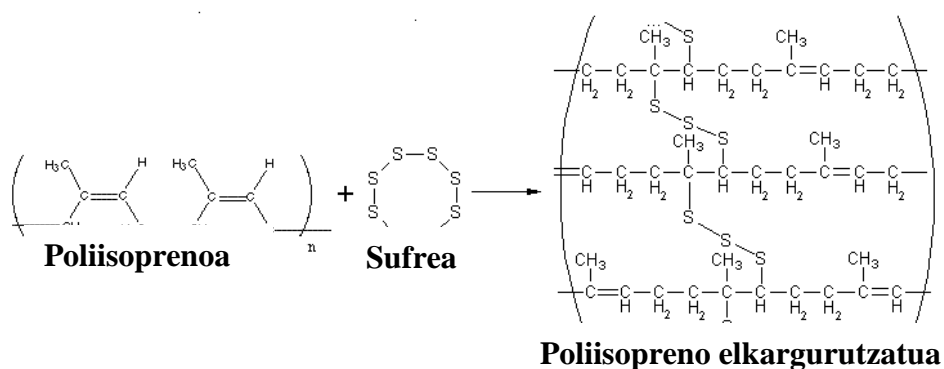
1.2 ELASTOMEROAK

Elastomeroak antolamendu zehatzik gabeko eta egoera erlaxatuan aurkitzen diren sare egiturei dagokie. Bulkanizazio prozesuan (jarraian ageri den atalean azalduko da), polimeroak dituen loturak apurtu egiten dira barne eta kanpo zubiak eratzeke. Zubi hauek aktibatzaileen bidez edota katalizatzaile bidez lotzen dira (Vidal de Cárcer, 1984). Polimeroen kateak kiribilkatuta aurkitzen dira beraien baitan, eta sare egituraren lortutako elkarketek malgutasuna eskainiko diote materialari. Tenperatura baxuetan ere malguak dira, beraien T_g giro tenperatura baino baxuagoa delako, termoplastikoekin gertatzen ez den bezala. Material hauek deformazioak jasateko eta ondoren beraien hasierako egoera berreskuratzeko gaitasuna dute, erretikulazioan lortutako sare egiturari esker. Izan ere molekulak bata bestearen gainean irristatzea ekiditzen baita, deformazio itzulezinak eragotziz. Nahiko material zailak dira, koipe, olio eta ozonoaren aurkako erresistentzia altua aurkezten dute (Beltrán eta Marcilla, 2012).

Polimero bat elastomero bilakatu aurretik bulkanizazioa deritzon prozesua jasan behar du, zeinek malgutasun propietateak eskainiko dizkion materialari.

1.2.1 Bulkanizazioa

Bulkanizazioa, elkar-gurutzaketa edota erretikulazio prozesuari deritzo elastomero bat kimikoki lantzea hain zuzen. Horrela beronen plastikotasuna, sentsibilitatea eta itsaskortasuna murriztuko dira beroaren edota hotzaren aurrean, elastikotasuna, egonkortasuna eta sendotasuna lortuz. Prozesu honen bitartez, elastomeroek hiru-dimentsiotako sare egiturak eratzea ahalbidetzen da, likatsua den material batetik ia elastikoa den berri bat lortuz. Behin prozesu hau emanda, konposatuak ez du propietate plastikorik izango, hau da, ez da itzulgarria izango beroarekin lantzerakoan (Vidal de Cárcer, 1984). 7. Irudian poliisoprenoaren sufre bidezko bulkanizazioaren irudikapena ematen da. Poliisopreno polimeroa sufrearekin elkartzerakoan elastomeroa eratuko da, zein kautxu naturala emango duen.



7.- Irudia. Sufre bidezko Kautxu Naturalaren bulkanizazioa, poliisopreno monomerotik hasita elastomeroa lortuz.

Bulkanizazio prozesuan jarraian azaltzen direnak hartzen dute parte.

- ❖ Bulkanizazio agenteak: Polimeroaren gune aktiboetan erreakzionatuko duten eta loturak eratuko dituzten kimikoei deritze. Lan honetan sufre nahiz peroxidozkoak izan daitezke.

- ❖ Mantsotzailea: Kautxuak bulkanizazio goiztiarra izan ez dezan erabiltzen den konposatu kimikoari deritzo. Pre-bulkanizazioa ekiditzen du. Lan honetan, bulkanizazio prozesuan bi motatako loturak eratzen dira, C-S_n-C edota C-C (peroxidoa).
- ❖ Ikatz beltza edota kargak: Hidrokarburo likido nahiz gaseosoaren errekuntzatik eratorritako produktuari dagokio. Gehienbat karbono elemental partikulez eratua da, grafito egitura lortuz. Hasierako nahasteari material honen gehitzeak bulkanizazioan egitura sendagoa lortzea ahalbidetzen du.
- ❖ Oxigeno eta ozonoaren aurkako babesleak: Oxigenoak, ozonoak, beroak, kautxurako pozoiak, hezetasunak edota motorreko gasek polimeroan eragin dezaketen degradazioa eragozten dute. Horrez gain, bulkanizazio prozesuan ez dute inolako oztoporik eragiten.
- ❖ Plastifikatzaileak edota lubrikatzaileak: Nahasketa uniformeak lortzeko, lortu den nahasketaren gogortasuna intereseko baliora murrizteko eta bulkanizatutako materialen elastikotasuna mantentzeko tenperatura baxuetan erabiltzen diren materialak dira. Disolbagarriak, pisu molekular baxuko eta irakite tenperatura altuko substantziak dira eta bolumen aske gehigarria eskainiko diote elastomeroei, horrela kateen mugimendua handituz eta beira-trantsizio tenperatura murriztuz.
- ❖ Bizkortzaileak: Kautxuaren bulkanizazio prozesua bizkortzeko eta oxidaziotik babesteko erabiliak dira. Hiru motakoak aurkitzen dira, motelak, bizkorrak eta oso bizkorrak .

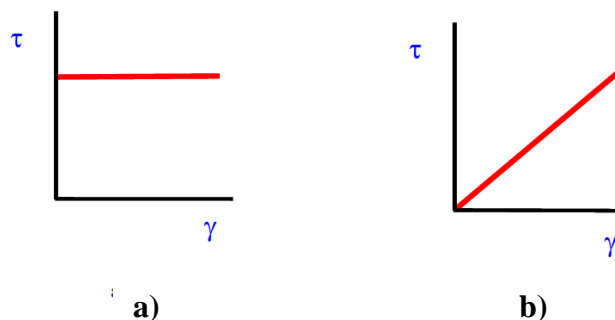
Elastomeroak zer diren eta berauek lortzeko burutu beharreko prozesua azaldu ondoren, beraien portaera, egoera, jasaten duten kristalizazioa eta mota nagusien berri emango da.

1.2.2. Elastomeroen portaera

Elastomeroen portaerari hasiera emanez, biskoelastikotasuna zer den azalduko da jarraian.

1.2.2.1. Biskoelastikotasuna

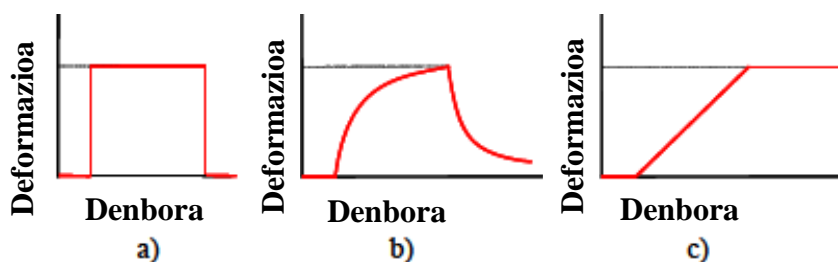
Elastomeroak jasango duen deformazioa bi arrazoi dela eta emango da. Alde batetik deformazioaren aurka egindako erresistentziagatik eta deformazioa gertatzean emandako energia galera dela eta. Aipatu beharra dago kautxua ez dela guztiz elastikoa, alde biskosoa ere baitu. Horrenbestez, kautxuaren kasuan bi portaera ezberdindu daitezke, alde batetik, alderdi elastikoak jarraitzen duen Hooke-ren legea, eta bestetik, alde biskosoak jarraitzen duen Newton-en legea. Bi portaera hauen tartekoari, kautxuari dagokiona alegia, portaera biskoelastikoa deritzo (Hofmann, 1989). Hooke-ren legearen arabera, solido batean emandako deformazioa aplikatutako zamarekiko proportzionala da. Beste alde batetik, Newtonen legeak hurrengo dio: aplikatutako esfortzua deformazio abiadurarekiko proportzionala da, baina ez da deformazioaren menpekoa. Hurrengo 8. Irudian zama deformazioarekin erlazionatzen diren Newtonen legea (a) eta Hook-en legeen (b) adierazpen grafikoak ematen dira non τ : zama eta γ :deformazioa adierazten duten.



8.- Irudia. Newtonen a) eta Hooken b) legeen irudikapen grafikoak.

Aipatu beharra dago bi sailkapen hauek idealizazioak direla.

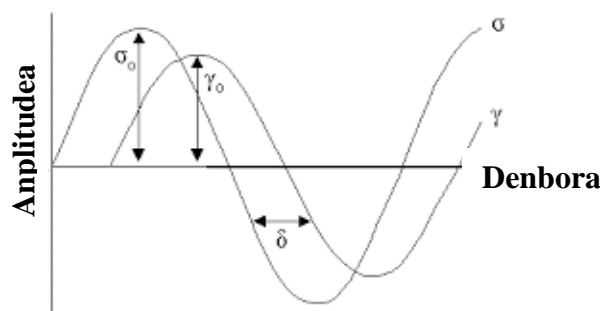
Portaera guztiz elastikoaren kasuan aipatu beharra dago materiala bere jatorrizko egoerara itzuliko dela deformazio bat jasan ondoren. Biskoelastikoa den material batean hasieratik atzemango da deformazioa, zein ez den guztiz berreskuratuko eta azkenik, portaera biskosoari dagokionez, deformazioa jasan ondoren ez du bere hasierako egoera berreskuratuko. Jarraian ageri den 9. Irudiko a) atalean portaera elastikoari erreferentzia egiten dion deformazioa denborarekiko grafikoan ikus daiteke, b) portaera biskoelastikoari dagokiona eta c) portaera guztiz biskosoari dagokiona.



9.- Irudia. Guztiz elastikoa den material baten portaera a), guztiz biskosoa den material baten portaera b) eta azkenik biskoelastikoa den material baten portaera c)

Aipatu beharra dago portaera biskoelastikoa tenperatura eta denboraren arabera dela.

Ehuneko ehun elastikoa den gorputz batean egindako esfortzu (σ) maximoa eta luzapen (γ) maximoa bat datoz deformazioa edota jasandako tentsioa denboran zehar grafikatzekoan. Aldiz, kautxu batean ez da aurreko portaera gertatzen, izan ere ez baita % 100 elastikoa, alderdi biskosoa ere badu, nahiz eta proportzio txikiagoan aurkitu. Guztiz elastikoa ez izatearen ondorioz desfasea ematen da, eta desfase angelu (δ) hori zenbat eta handiagoa izan, orduan eta biskosoagoa izango da materiala. Alderantziz gertatuz gero, elastikoagoa izango da (Brown, 1996). 10. Irudian ausazko kautxu baten tentsio eta deformazio indarrei dagokien desfasearen irudikapena ikus daiteke. Begi bistakoa da nola tentsio maximoari eta luzapen maximoari dagozkien x koordinatua ez datorren bat.

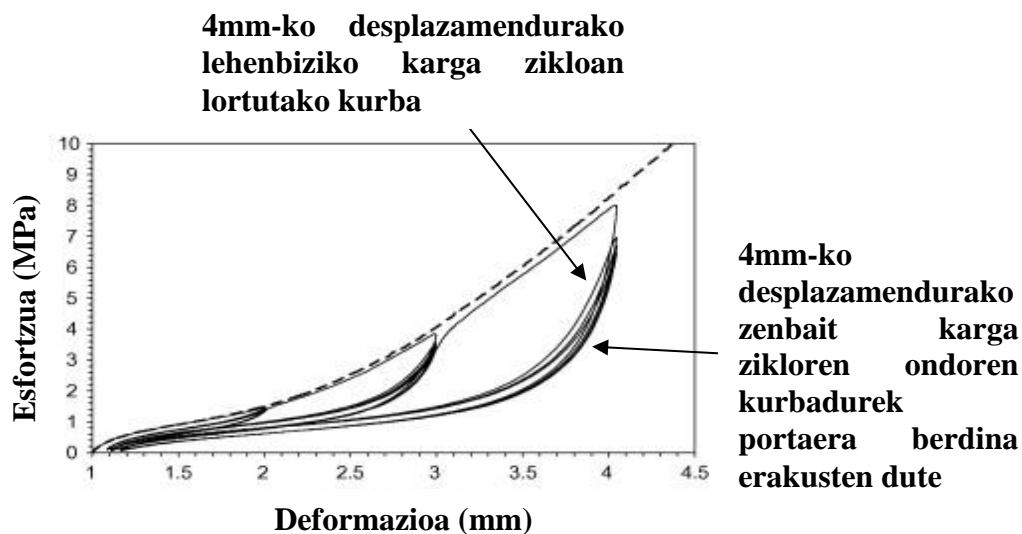


10.- Irudia. Tentsio zikliko bati dagokion grafikapen sinusoidala. Non σ : tentsioa, γ : deformazioa eta δ : desfase angelua diren.

Biskoelastikotasuna alde batera utziz, kautxuaren biguntzearekin erlazionatzen den Mullins efektua azalduko da jarraian.

1.2.2.2. Mullins efektua

Mullins efektua deritzo deformazio berdinean lortzeko elastomeroan aplikatzen diren zenbait trakzio edota konpresio zikloen ondoren lortzen den portaerari (Diani et al., 2009). Honen arabera kautxua karga-ziklo baten ondoren biguntzen dela aipatzen da. Karga zikloarekin hurrengo adierazi nahi da, piezak deformazio jakin bat lortzeko karga bat ezartzea. Lehenbiziko karga zikloa ezarri eta gero, ondoren egiten diren beste ziklo batzuen ostean, materialak deformazio horrekiko portaera bera erakutsiko du hasierako zikloetan. Aldiz, lan egin den deformazioa gaituz gero, portaera aldatuko da, gehiago erlaxatuz, baina deformazio berri honetan ziklo gehiago egitean piezari, une batetik aurrera portaera errepikakorra duela erakutsiko du. Ondorengo 11. Irudian, 2, 3 eta 4 mm-ko desplazamenduak lortzeko konpresioa ezarri da, horrela irudian ageri den esfortzu-deformazio grafika lortuz. Ikusten den bezala, deformazio bera lortzeko karga zikloek bilakaera antzekoa dute lehenbizikoak (lehenbiziko karga zikloan portaera ezberdina errepikatzen da) izan ezik. Baldin eta deformazio handiagoa lortu nahi bada, karga eta deformazio grafikaren kurbadura ezberdina izango da. 2 mm-ko deformaziorako kurbadurak ezberdinak dira 3 eta 4 mm-koekin alderatuz. Nahiz eta deformazioa aldatu, lehenbiziko zikloaz at (kasu honetan lan egin den deformazio berriarekiko), gainontzeko karga zikloek portaera beretsua erakutsiko dute.



11.- Irudia. Mullins efektuaren adierazpen grafikoa. 2, 3 eta 4mm-tarako lortutako portaerak adierazten dira, eta nola zenbat karga zikloren ondoren (deformazio berarentzat) portaera berdina ematen dela.

Gainera aipatu beharra dago nola saiakuntzaren ondoren materiala ia gai dela berreskurapen totala lortzeko. Berreskurapen hau handiagoa da tenperatura altuetan giro tenperaturan baino.

Mullins efektu honen zergatia ez da guztiz argitu oraindik. Hainbat autorek teoria desberdinak dituzte fenomeno honek kautxuan sorrarazten duen bigunketaren ondorioz. Zenbait autorek kateen apurketagatik ematen dela diote. Beste batzuek bi motatako kateen apurketak bereizten dituzte, lehenbiziko karga-zikloan lotura ahulen apurketa (lotura fisikoak) eta gainontzeko zikloetan lotura sendoagoen (lotura kimikoak) apurketa. Kateen arteko irristaketa eta lotura berrien erapena, bulkanizazioaren ondoren eratutako elkar-gurutzaketan apurketa eta kargen (ikatz beltza) artean ematen den apurketaren ondorioz ere gertatu daitekeela fenomeno hau aipatzen dute (Diani et al., 2009). Fenomeno hauen irudikapen grafikoa ikusteko Anexoko 6. Taulara jo.

Hurrengo atalean elastomero bat aurki daitekeen hiru egoeren berri emango da.

1.2.3. Elastomeroen egoerak

Aurki daitezkeen egoerak hiru izan daitezke, egoera amorfoa, kristalinoa edota partzialki kristalinoa. Kristalino eta amorfo hitzak elastomero batean aurkitzen diren esparru ordenatu eta desordenatuak identifikatzeko erabiltzen dira. Jarraian, aipatutako hiru motak azalduko dira gaineratik, baina esan beharra dago ez dela existitzen kautxu guztiz kristalino bat, gehienetan egoera partzialki-kristalinoan aurkitzen dira.

- ❖ Egoera amorfoa: Egoera amorfoan egitura ez da bat ere ordenatua, hau da plater bete espagetiren tankerako itxura duela esan daiteke. Bolumen aske ugari eta egiturak mugitzeko ahalmena du bereizgarri. Honen irudikapena 12. Irudiko a) adibideari dagokio.

- ❖ Egoera kristalinoa: Egoera kristalinoa modu ordenatuan antolatutako kateen multzoari dagokio. Kristalizazio maila kautxu batean tolestuta edota egoera amorfoan aurkitzen den atalen kantitatearen arabera da, 12. Irudia b) atala.
- ❖ Egoera partzialki kristalinoa: Bulkanizazio prozesuaren ondoren emandako hozketa fasean ezinezkoa da kautxu batek %100-eko kristalizazio maila lortzea, izan ere kateak oso modu korapilatuan aurkitzen dira bulkanizatu aurretik. Hori dela eta, bai egoera kristalinoa eta baita egoera amorfoa aurki daitezke batera, 12. Irudia c) atala.



a)

b)

c)

12.- Irudia. a) Elastomero amorfoaren barne egitura, b) partzialki-kristalinoa den elastomeroaren barne egitura eta c) kristalinoa denaren egitura.

Ondoren kautxu guztiek jasaten duten kristalizazioaren nondik norakoaren inguruan mintzatuko da.

1.2.4. Elastomeroen kristalizazioa

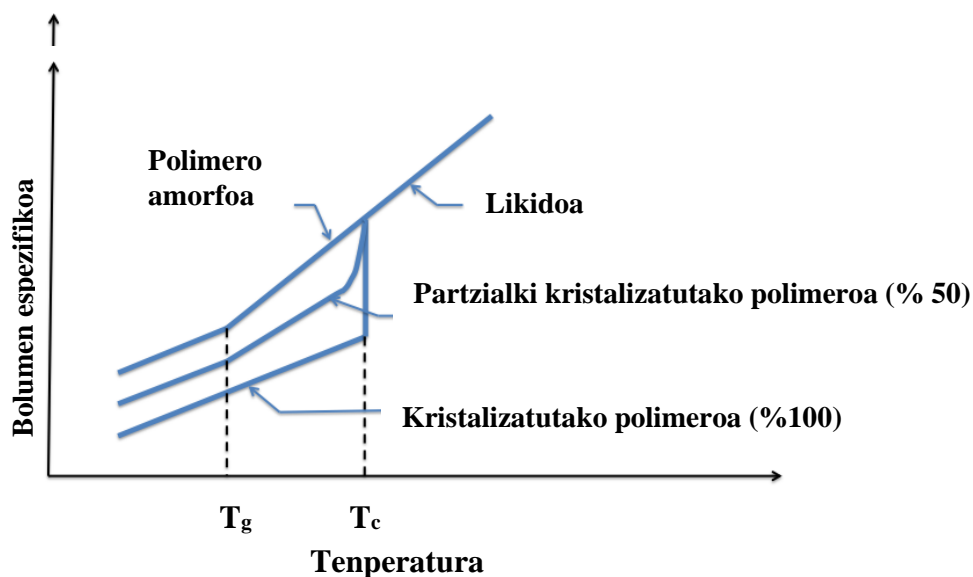
Kristalizatzeko joera duten elastomeroak beraien egitura kimiko eta geometrikoari dagokionez erregularrak direnak dira. Adarkadurek edota kateko gainontzeko monomeroez gain ezberdinak diren monomeroen kopolimerizazioak bezalako noizbehinkako irregulartasunek kristalizaziorako joera mugatzen dute, baina ez dute oztopatzen. Aldiz, begi-bistakoa den egitura irregularren kasuan (polimero adarkatuak, kopolimerizazio ugaria, polimero ataktikoak) ez da kristalizaziorako joerarik emango.

Egoera likido edota urtuan polimeroaren molekulak harilkatuta edota korapilotuta aurkitzen dira baldin eta kanpo indarren baten eraginez orientatzeko joera hartzen ez badute. Molekulek mugiarazteko gaitasuna izango dute baldin eta behar adina energia eta bolumen aske badute. Tenperatura jaisten doan heinean, eskuragarri izango duten energia txikituz joango da, kateen mugitzeko gaitasuna murriztuz.

Termodinamikako legeen arabera, tenperatura jakin batera iristerakoan, sistema guztiek beraien molekulak ordenatzeko joera dute. Sistema beti gutxieneko energia beharrak dituen egoera lortzen saiaturiko da, kautxuaren kasuan kristalizatzeko joera alegia (Peacock eta Calhoun, 2006).

Kristalizatzeko gaitasuna erakusten duten elastomeroek kristalizazio tenperatura, T_c , non fase aldaketa bat ematen den egoera amorfo jariatzen den egoera solido kristalinora eta T_g , beira tenperatura erakusten dute. Beira tenperaturaren gainetik, elastomeroak askatasunaz mugitu daitezke, (portaera kautxukara), aldiz berau baino baxuagoa den tenperaturetan hauskorak bilakatzen dira, mugitzeko ahalmena murrizten zaie eta honekin batera ordenatzeko gaitasuna ere.

Jarraian ageri den 13. Irudian, polimero amorfo, partzialki-kristalino eta kristalinoen bolumen espezifikoa aldaketa adierazten da tenperaturaren aldaketarekiko non T_g beira tenperatura eta T_c kristalitzatze tenperaturak diren.



13.- Irudia. Polimero amorfo, partzialki-kristalinoa eta kristalinoen bolumen aldaketa tenperaturarekiko adierazten dituzten kurbak.

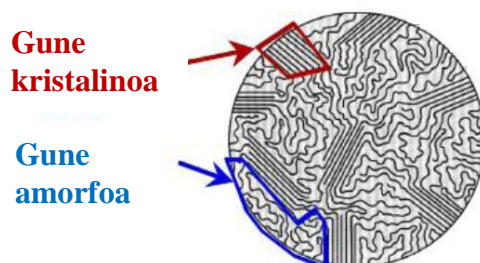
Bolumena murriztuz doan heinean, kautxuak eskuragai duen bolumen askea murriztuz doa, horrela erretikulatu gabe dagoen alde amorfoak mugitzeko gaitasuna galduz eta hauskor bilakatuz.

Kontuan hartzekoa da oso tenperatura baxuetan kateen mugimendua txikiak dela kristalizazioa emateko, aldi tenperatura altuekin, kateen gehiegizko mugimenduaren ondorioz, ia ezinezkoa da. Elastomero bat bere beira tenperaturaren azpitik aurkitzen baldin bada berak aurkezten duen egitura guztiz “izoztuta” bezala aurkitzen da, bai alde kristalinoa eta baita amorfoa.

Elastomero baten kristalizazio maila bulkanizazio prozesuaren ondorengo hozketa prozesuak baldintzatuko du. Sare egituraren eraketaren ondoren kautxuaren hozketa emango da, non hozketa bizkorra izanez gero, ez zaio kristalak behar bezala eratzeko adina denbora emango. Honek ez du esan nahi kristalik ez denik eratu, baizik eta sortuko direnak oso txikiak eta nahiko ugariak izango direla. Hozketa motela emanez gero, kristalen eraketa modu antolatuan gertatuko da eta tamaina aldetik nahiko handiak izango dira (Koltzenburg et al., 2015). Honez gain, monomeroaren errepikapen unitateen kokapenak ere kristalizazioan eragina du. EPDM-aren kasuan etilenoak izango du kristalitzatzeko joera. Hori dela eta polimeroan elkarri atxikita aurkitzen diren etileno monomeroen errepikapen unitateak zenbat eta gehiago izan, kristalitzatzeko joera handiagoa izango du kautxuak. Beraz, polimeroen egitura kontuan hartuta esan daiteke bloke-kopolimeroek (baldin eta mota bereko monomero ugari aurkitzen badira elkarri lotuta) eta txertaketa kopolimeroek kristalitzatzeko joera dutela. Ausazko kopolimeroek eta txandakakoek aurkezten duten egitura dela eta, ez dira mesedegarriak izango fenomeno hau emateko. Isomeriari dagokionez, polimero isotaktiko eta sindiotaktikoek kristalitzatzeko joera izango dute, beraien egitura ordenatua dela eta. Ataktikoek duten ausazko kokapenaren ondorioz ez dira gai izango gainontzeko biek adinako kristalizazioa lortzeko.

Polimero kateen malgutasuna handitzeak molekulen birrantonaketa laguntzen du eta honek berriz kristalizazioa handitzen du. Lotura bikoitzek eta eraztun egiturek molekularen malgutasuna murrizten dute, horrela kristalizazio joera murriztuz (Peacock eta Calhoun, 2006).

Hurrengo 14. Irudian elastomero baten alderdi amorfo eta kristalinoaren egitura biak aurkezten dira.



14.- Irudia. Bulkanizatu ondorengo kautxu baten egitura, non alderdi kristalinoa eta amorfoa bereizten diren.

Gainontzeko guztiaz gain, kristalizazio handiak dentsitate eta erresistentzia handiko propietateak dituzten material disolbagaitzak lortzea ahalbidetzen du.

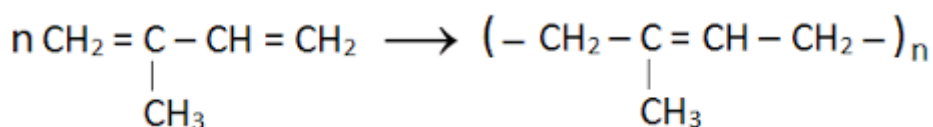
Elastomeroen inguruko atalari bukaera emanez, zenbait moten eta berauen aplikazioen berri emango da.

1.2.5. Elastomero motak eta aplikazioak

Orokorrean erabiltzen diren elastomeroak karbono hidrogenoz osatutako polimeroak dira, naturalak nahiz sintetikoak. Kautxu Naturala (NR), estireno butadienoa (SBR), butadienoa (BR), etilen propilen dienoa (EPDM), sufrez (EPDM, sufrea) edota peroxidoz (EPDM, peroxidoa) osatutakoak bereiz ditzakegu gehienbat. “Dienoz” osaturiko kautxu hauen kate nagusian asegabatasunak aurkitzen dira, zeintzuk ozono eta oxigenoaren erasoan aurrean sentikorrak bilakatzen dituzten. Honez gain, jarraian azertu diren motak urarekin ez dira bateragarriak, baina olio eta fuelarekin bai.

1.2.5.1. Kautxu Naturala

Kautxu Naturala *Hevea Brasiliensis* zuhaitzetik sortutako latex-etik lortzen da. Egiturari dagokionez cis-1,4-poliisoprenoa katez osatua da muturretan izan ezik. 15. Irudian isoprenotik abiatuta poliisopreno katearen irudikapena ageri da.



Isoprenoa

Poliisoprenoa

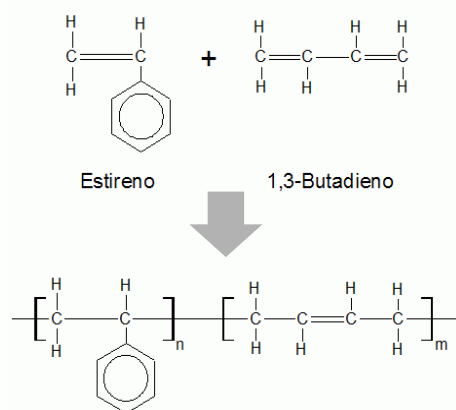
15.- Irudia. Isopreno monomerotik abiatuta poliisoprenoari dagokion polimero katearen lorpena..

Kautxu Naturalak duen egitura errepikakorra dela eta, kristalizatzeko joera erakusten du $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ inguruan eta baita esfortzupean aurkitzen baldin bada. NR makromolekulek zizailadura tentsio altuen ondorioz eta baita oxigeno molekulen eraso dela eta kateen apurketa jasaten dute. Propietate fisikoei dagokienez, beira tenperatura, T_g , $-72\text{ }^{\circ}\text{C}$ -koa da, jasan dezakeen tenperatura maximoa $75\text{-}100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ingurukoa, ezaugarri mekaniko oso onak erakusten ditu, ozonoarekiko duen erresistentzia moderatua da eta beronen gogortasuna 30-80 ShA tartean aurkitzen da. Urarekin eta izotz-kontrako likidoarekin ez da bateragarria, baina olio eta fueletan berriz bai. Neke saiakuntzetarako oso aproposa da, erresistentzia altua erakusten baitu. Aplikazioei dagokienez, ez da egokia zigilatze erabileretarako. Gehienbat gurpilak ekoizteko eta uhaleria bezalako aplikazioetan erabiltzen da (Carraher Jr, 2017).

1.2.5.2. Estireno Butadienoa (SBR)

SBR estireno eta butadienoz osatutako kopolimeroa da, % 23-a estirenoa izanik. Mundu osoan zehar gehien erabiltzen den elastomero sintetikoa da, beronen produkzio bolumena handiena izanik. Polimero hau Kautxu Naturalarekin batera lan egiten da horrela azken honen desfase angelua, biskositatea, handitzeko.

Elastomero honen sintesia tenperatura baxuetan burutzen da ($5\text{ }^{\circ}\text{C}$ inguruan) horrela adarkadura gutxiago lortzeko eta bulkanizatzerako orduan egitura zurrunagoa eratuz. Jasan dezakeen tenperatura maximoa $80\text{-}110\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ingurukoa da, bere beira-trantsizio tenperatura, T_g , $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ -koa. Propietate mekaniko onak aurkezten ditu, bere gogortasuna 30-80 ShA bitartekoa da, ozonoarekiko erresistentzia moderatua du, aurrez aipatu bezala urarekin ez da bateragarria, ezta izotz-kontrako likidoarekin ere. Aldiz, oliotan eta fuelarekin bai. Aplikazioei dagokienez, gurpilgintzan erabiltzen da Kautxu Naturalarekin batera. Oinetakoen industrian, itsasgarriak ekoizteko eta kableen estalkigintzan ere erabilia da (Gent, 2012). Jarraian estireno eta 1,3-butadieno monomeroetatik abiatuta SBR monomeroaren lorpena adierazten da.

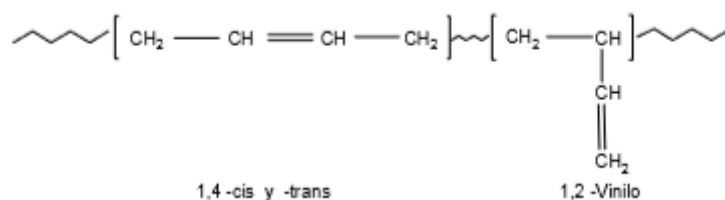


16.- Irudia. Estireno eta butadienoz osatutako SBR katea.

1.2.5.3. Polibutadienoa (BR)

Polibutadienoa, 1,4 eta cis trans konfiguraziodun eta 1,2- binilo monomeroez osatuta dago. Poliisoprenoa (NR) bezala, polibutadienoa (BR) anionikoki, Ziegler-Natta katalisi bidez edota emulsio hotz baten bidez sintetizatu daiteke (Gent, 2012). Beronen propietate fisikoei dagokienez, beira-trantsizio tenperatura, T_g , oso baxua dute, $-112\text{ }^{\circ}\text{C}$, horrela erresilentzia; talkarekiko erresistentzia alegia, altuko materiala lortuz eta tenperatura baxuetan lan egiteko egokia bilakatuz. Jasan dezakeen tenperatura maximoa $80\text{-}110\text{ }^{\circ}\text{C}$ tartekoa da, propietate mekaniko onak eskaintzen ditu, gogortasuna 30-80 ShA ingurukoa du eta Estireno Butadienoa bezala, olio nahiz fuelekin bateragarria da, aldiz urarekin eta izotz-kontrako likidoarekin ez.

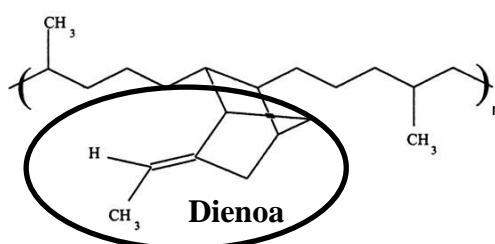
Ozonoarekiko duen erresistentzia nahiko moderatua da. Honez gain, elastomero honen polimero kateen malgutasuna dela eta, Kautxu Naturalarekin batera lan egiteko erabiltzen da, horrela malgutasun propietateak eskainiz (Fernandez Torres, 2010). Aplikazioei dagokienez, hau ere gurpilak eta mahukun fabrikazioan erabiltzen da. Ondoren BR polimero kateko bi monomeroen irudia adierazten da.



17.- Irudia. Butadieno polimero katea osatzen duten monomero motak, 1,4-cis, -trans eta 1,2-Binilo.

1.2.5.4. Etilen Propilen Dienoa (EPDM)

Etilen Propilen Dienoa, 18. Irudian beroren irudikapena dago, (EPDM) Ziegler-Natta katalisi bidez eratutako polimeroari deritzo, zeinek, izenak dioen bezala, etilenoa, propilenoa eta dienoen monomeroek eratua den. Lan honetan bi motatakoak bereiz ditzakegu bulkanizazioari dagokionez. Alde batetik sulfre bidez elkargurutzaturik sortutako EPDM-a eta bestetik peroxido bidez erretikulatua. Propietateei dagokienez, ezberdintasunak aurkitzen dira bulkanizatutako moduaren arabera. Sulfre loturak apurtzeko behar den aktibazio energia txikiagoa denez karbono-karbono loturak apurtzekoa baino, orduan termikoki ezegonkorragoak direla esan daiteke, horrela sulfre bidez erretikulatutako EPDM-ak tenperatura maximo baxuagoak jasanez. Gehienez 125-150 °C –ko tenperaturak jasan ditzake, peroxido bidez erretikulatuak aldiz 150-190 °C tartekoak. Mota biek aurkezten dituzte propietate mekaniko onak, aurreko kautxu motek bezalako portaera bera erakusten dute uretan, izotz-kontrako likidoan, fuelean eta oliotan. Horrez gain, gogortasuna 25-80 ShA-ko tartean aurkitzen da eta aipatu beharra dago ozonoarekiko erresistentzia altua erakusten duela. Material hau norabide hauts babesleak, aire hodiak, eta hauspoak bezalako piezak ekoizteko erabilia da.



18.- Irudia. Etileno propileno katea eta bertatik atxikituta aurkitzen den dieno taldea.

Azaldutako polimeroen propietateak eta aplikazioak Anexoko 7.Taulan biltzen dira.

Orain lanean aztertutako piezen aurkezpena egingo da, zer nolako itxura duten eta erabilitako materiala sakonago azalduz.

1.3 PIEZEN AURKEZPENA ETA ERABILITAKO MATERIALAREN NONDIK NORAKOAK

Etilen-propilen-dienozko (EPDM) hiru norabide hauts babesle aztertu dira lan honetan. Pieza hauek automozioan erabiltzen dira, zehazki autoaren bolantearen ardatza babesteko (20. Irudian autoan duten posizioa ageri da) partikula arrotz eta uretatik nagusiki. Bakoitza identifikatzeko, Cikautxon erabilitako eskaintza zenbaki, piezaren identifikazio kodea, berarekin izendatuko dira: 63678, 55158 eta 56595. Geometriari dagokionez hirurak dira ezberdinak, hala ere aipatu beharra dago ez dela alderdi honek dituen eraginen inguruko azterketarik burutu. Konposizio kimikoari dagokionez berriz, 55158 eta 56595 EPDM-zkoak dira baina peroxidozko bulkanizazioaren ondorioz lortuak eta 63678 aldiz EPDM-zkoa sufrezko erretikulazioaren bidez. EPDM-a aukeratu da material bezala, bere tenperatura altuekiko erresistentzia, ozonoarekiko duen sentikortasun txikia eta merkea delako. Hurrengo 19. Irudian landu diren piezen argazkiak azaltzen dira, goitik, albotik eta azpitik begiratuta.

Lehen aipatu den bezala, erabili diren piezak EPDM-zkoak dira, izan ere bere funtzionalitateari dagokionez oso propietate onak aurkezten baititu. Tenperatura altuak jasateko gai da eta tenperatura aldaketa bortitzen aurrean erresistentzia ona aurkezten du. Ingurune faktoreekiko erresistentzia altua du, hala nola oxigenoak edota ozonoak sare egituran aurkitzen diren lotura bikoitzetan inpaktu txikia eginez. Gainera bere apolartasuna kontuan izanik ez du urarekin erreazionatzen (kartxer batekin autoaren azpiko alde urez bustiz gero adibidez), baina bai konposatu organikoekin. Azkenik aipatu beharra dago pieza merkea dela lehengai eta fabrikazio kostuen aldetik.

EPDM-a kautxu sintetiko bat da, zein propileno (% 40-25), etileno (% 70-55) eta dienoz (% 5-4,5) osatutako monomeroaren errepikapen unitateen elkartetaren ondorioz eratzen den. Honez gain aipatu beharra dago etilenoak kristalizatzeko joera duela, zeinek erresistentziarekiko propietate onak eskainiko dizkion materialari. Kristalizatzeko joera duenez kateen ordena bermatuko du. Bestalde, propilenoak ez du kristalizatzen. Honez gain aipatu beharra dago EPDM-a osatzen duten polimeroek egitura lineala aurkezten dutela, propilenoaren adarkadurarik gabe. Propietate egokienak dituzten polimeroak pisu molekular baxukoak eta konposizio aldetik ordena nahiko handia erakusten dutenak dira (Vidal de Cárcer, 1984).

EPDM-aren bulkanizazioa edota sare egituraren lorpena erradikal askeen bitartez, zeintzuk hidrogeno bat askatzean eratuak izan diren, edota dienoaren lotura bikoitzen apurketarekin ematen da. Aurrez aipatu bezala prozesu honi esker sare egitura lortzen da, zein behin burutu ondoren berriz konformatzeko aukerarik ez dagoen. Prozesu hau bi moduren bidez eman daiteke, alde batetik sare lorpena sufrezko kateen bitartez edota karbono-karbono loturen bidez, azken hau peroxido izenez ere ezagutzen da. Kasu honetan aztertu diren materialetatik 63678 eskaintza zenbakiduna sufre loturen bitartez erretikulatua izan da. Gainontzeko pieza biak berriz, 55158 eta 56595-a, berriz, peroxido bidez. Erabilitako EPDM-a bulkanizatzeko bi motak azalduko dira ondoren, lehenbizi sufrearen bidezko bulkanizazioarekin hasiz.

Piezaren identifikazioa	Bistak		
	Goitik	Albotik	Azpitik
63678			
55158			
56595			

19- .Irudia. Landu diren piezen bistak, goitik, albotik eta azpitik begiratuta.

- ❖ Sufrearen bidezko bulkanizazioa: Sufrearen bidezko lotura hau EPDM-aren polimeroak duen dienoaren lotura bikotzetik ematen da, hemendik S₁-S₈ bitarteko sufre katea lortuz, erabilitako sufre kantitatearen arabera. Kateetan aurki daitekeen sufre kopurua zenbat

eta handiagoa izan, tenperatura altuetan oso ezegonkorak izango dira, loturen apurketa emateko behar den aktibazio energia kantitate txikia dela eta. Giro tenperaturan sufre kantitate handiek materialari elastizitatea eskainiko diote, neke saiakuntzetarako egokia izanik. Gehienetan piezaren funtzioa kontuan izanik nahasketan gehitu beharreko sufre kantitatearen balio optimoa aurkitu behar da, elastikotasun eta tenperatura altuekiko erresistentzia ona izateko.

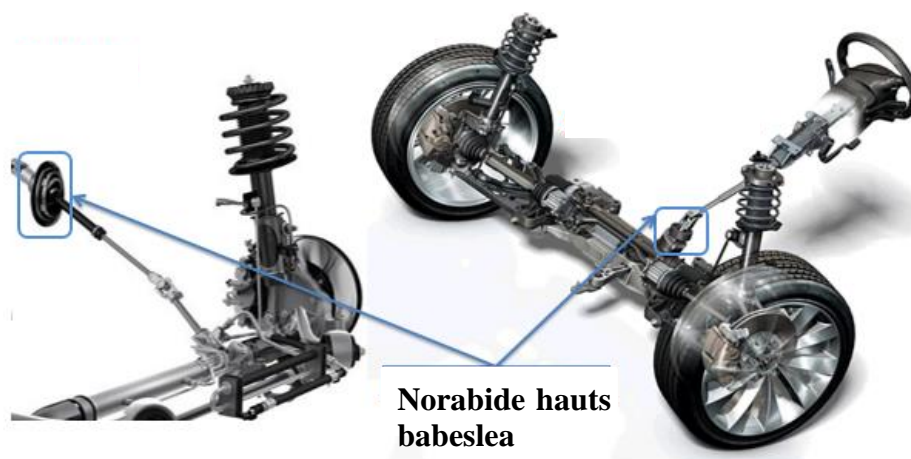
Bigarren modua peroxido edota karbono-karbono loturen bitartez emandakoa da.

- ❖ Peroxidoaren bidezko bulkanizazioa: Peroxido bidezko bulkanizazioa karbono-karbono loturen sareketaren bidez ematen da. Kasu honetan, sufre bidezko loturekin ez bezala, peroxidoak ez ditu loturak leku finko batetik egiten, erradikal askeak eraten ditu, horrela loturak emateko bi erradikalen artean edota erradikal dienoaren artean. Koagente bat erabiltzen da erradikalen erapena ausazkoa izan ez dadin edota kateen apurketa indiskriminatua ez gertatzeko. Peroxidoaren bitartez eraten diren loturak termikoki egonkorragoak dira karbono-sufre-karbono loturak baino, izan ere aktibazio energia gehiago behar baita karbono-karbono lotura bat apurtzeko karbono- n sufre-karbono lotura bat apurtzeko baino. Honez gain, peroxidoak kautxuari zaharkitzearen aurkako eta deformazio propietate onak ematen dizkio

Behin piezak eta berauek fabrikatzeko materialaren aurkezpena burututa, orain bere funtzionalitatea eta kokapenaren berri emango da.

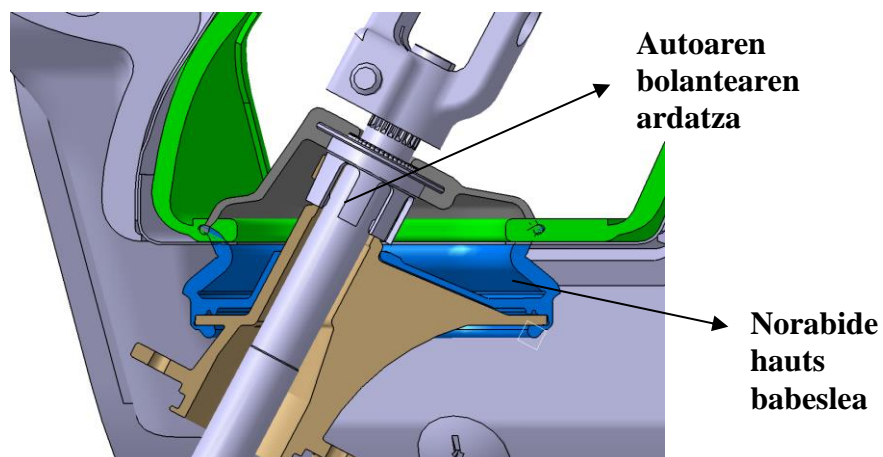
1.4 AUTOAN DUEN KOKAPENA ETA FUNTZIONALITATEA

Norabide haunts babeslea autoaren bolantearen ardatzean partikula arrotz nahiz jariakinei sarrera galarazten dion kautxuzko piezari deritzo. Beronen eginkizun nagusia aipatutako gunean estankotasuna egitea da, beti ere txasisaren mugimendua ahalbidetuz eta zarata murriztuz. Jarraian azaltzen den 20.Irudian autoaren aurreko aldean norabide haunts babeslearen kokapena determinatzen da.



20.- Irudia. Norabide haunts babeslearen posizioa autoan.

Hurrengo irudian, norabide haunts babeslearen eta autoaren bolantearen ardatzaren kokapena adierazten duen zeharkako ebakidura ikus daiteke.



21.- Irudia. Norabide hauts babeslearen zeharkako ebakia eta autoaren bolantearen ardatzaren posizio zehaztua.

Jarraian ageri diren 22 eta 23. Irudietan 63678 piezarentzako autoaren gutxi-gorabeherako kokapena determinatzen da.



a)



b)

22.- Irudia. a) Autoaren ardatza igarotzen deneko eta 63678 pieza kokatzen den utilajea. b) Utilaje bera 63678 pieza kokaturik duela.



c)



d)

23- .Irudia. c) 63678 eta autoan daraman utilajea goitik begiratuta, bolantearen ardatza igarotzen den zuloa agerian dagoela. d) 63678 pieza eta utilajeak autoan duen muntaiaren irudikapen bisuala.

Ondoren, lan honen helburu nagusi eta sekundarioen berri emango da.

1.5 HELBURUAK

Lan honen helburu nagusia norabide hauts babesle jakin batzuen balioztapena burutzea da. Piezen balioztapena, bezero batek eskatutako piezek bere funtzioa betetzeko dituzten propietateak egokiak direla baieztatzea da. Helburu sekundarioa pieza hauek egiteko erabili den materialaren, Etilen propilen dienoa (EPDM) alegia, karakterizazioa burutzea da, piezen erabileran eragina izango duten propietateen determinazioa eginez. Honez gain, Pressure mapping sentsorea piezen ihes-guneen identifikaziorako tresna egokian den ala ez determinatuko da.

Kautxuaren nondik norakoak eta lan honi dagozkion helburuak alde batera utziz, orain atal esperimentalari dagozkion azalpenak emango dira.

2. ATAL ESPERIMENTALA

Atal esperimentalean probeta baten lorpena eta beronen karakterizazioan parte hartzen duten saiakuntzen berri emango da.

2.1 PROBETA BAT ZER DEN ETA NOLA LORTU

Probeta bat deritzo material baten karakterizazioa burutzeko erabiltzen den material beraren laginari. Kautxuzko material baten probetaren lorpena, erositako polimeroa, gehigarriak eta bulkanizazio sistemaren (sufrea eta peroxidoa) nahastetik lortutako emaitza, zilindro batetik igarotzean datza lehenbizi, 24. Irudia, nahasketatik lortutako polimero laminei jartzen zaien

itsaspenaren aurkako produktua kentzeko. Hurrengo irudian Cikatek ikerkuntzako zilindroaren argazkia ikusi daiteke.



24.- Irudia. Kautxu nahasteari itsaspenaren aurkako produktua kentzeko erabiltzen den zilindroa.

Behin zilindrotik igaro ondoren probeta lortzeko behar adina polimero nahaste pisatu (materialaren dentsitatearen eta moldearen bolumenaren arabera) izango da beharrezko pisua) eta molde batean kokatuko da.

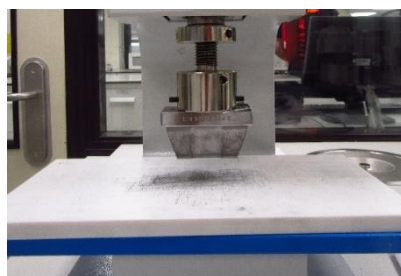
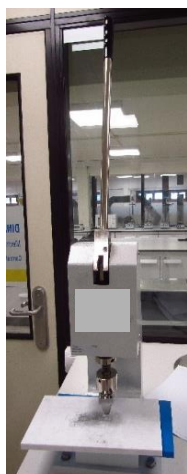
Pausu hauek bete ondoren, moldea sartuko den prentsan tenperatura eta prentsaketa denbora egokiak jarrita daudela ziurtatu behar da. Prentsaketa prozesu honetan bulkanizazio prozesua emango da, non nahasketak daraman sufre edota peroxidoaren bidez sare egitura lortuko den. 25. Irudiko ezker aldean polimero nahastea kokatzen den moldea ageri da, eskuinean molde hori sartuko den prentsa.



25.- Irudia. Ezkerreko irudian kautxua kokatzen deneko plakak ikus daitezke. Eskuineko irudian ezkerreko plakak sartzeko eta probetak lortzeko erabiltzen den prentsa ageri da.

Prentsan bi mailek bulkanizatu gabeko kautxua aurkitzen den plaken kontra presioa egingo dute, horrela erretikulazio fasean ematen den sare egitura lortzeko simulazioa burutuz. Oso garrantzitsua da prentsaketa uneko tenperatura eta denbora, izan ere erretikulatu ondorengo kautxuak eskaintzen dituen propietateen galera baitakar bestela.

Plaken barnetik probeta deritzon karratu bat lortuko da, zein trokelean moztuz (jarraian azaltzen den 26. Irudian ikus daiteke zer den) karakterizazioa burutzeko erabiliko den.



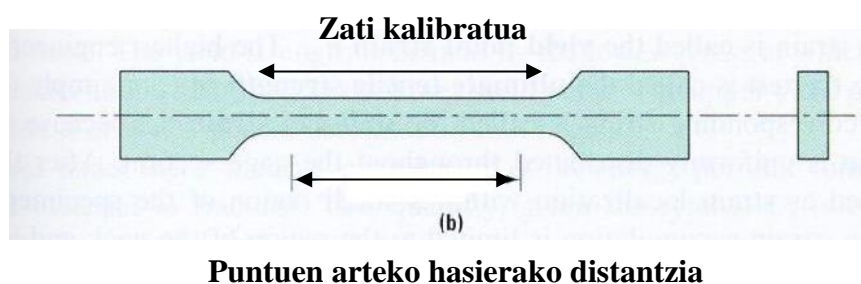
26.- Irudia. Ezkerreko eta erdiko irudiek probetak mozteko erabiltzen diren ekipoa azaltzen dituzte.

Ondorengo irudian trokeletik igaro ondoren lortutako probetak ikus daitezke. Garrantzikoa da probeta bakoitzaren identifikazioa burutzea, zenbakituz edota izenen bat jarritz, izan ere saiakuntzaren arabera probeta bakoitzaren lodiera erabili behar baita.



27.- Irudia. Karakterizazio saiakuntzak burutzeko probetak behin trokeletik igaro ondoren.

Probetaren forma eta dimentsioei dagokienez, guztiek dute gorputz zentral bat, zati kalibratu deritzon sekzioa (S_0) duena. Trakzio ekipora lotzeko bi buru erabiltzen dira. Buru hauek sekzio handiagokoak dira, haustura bertan gerta ez dadin. Zati kalibratua bi marka egiten dira; puntuen arteko hasierako distantzia (l_0) adierazten dute bi marka horiek. 28. Irudian zati kalibratua eta neurketa burutzen deneko probetaren esparruak bereizi daitezke.



28.- Irudia. Probeta baten zati kalibratua, neurketa burutzen deneko esparrua eta buruak.

Probeta bat zer den, nola lortu eta zer nolako itxura duen azaldu ostean, probeta hauek erabiliz, laginen karakterizazioan egiten deneko zenbait saiakuntzaren berri emango da.

2.2 LAGINEN KARAKTERIZAZIOA

Material baten karakterizazioa bere oinarrizko propietate fisikoak determinatzean datza, hala nola gogortasuna, dentsitatea eta trakzioarekiko erresistentzia, guztiek materialaren erabilera noraino mugatuko den adieraziko dutenak.

2.2.1. Gogortasun neurketa

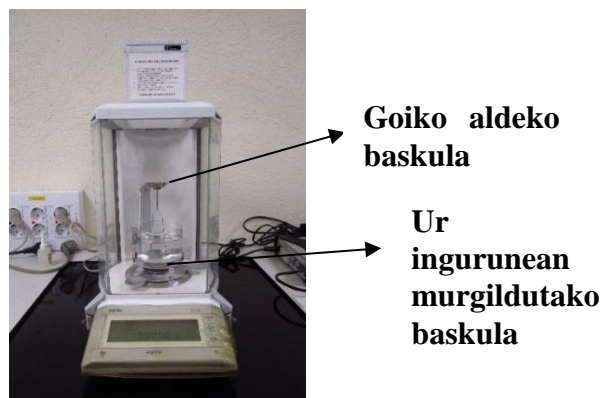
Gogortasunak, materialek deformazio plastiko lokalizatuarekiko (marratzearekiko edo barneratzearekiko) duten erresistentzia adierazten du. Propietate hau neurtzeko saiakuntza honetan, bulkanizatu ondorengo probetatik hiruzpalau karratu ebakiko dira gutxienez 6 mm-ko lodiera eta gogortasuna neurtzeko erabiltzen den "orratza" txertatu ahal izateko behar adineko gainazala dutela bermatuz. Ekipoak Shore deritzon eskalan burutuko ditu neurketak. 0-100 bitarteko balioak emango ditu, 100 oso gogorra eta 0 bat ere ez gogorra izanik. Jarraian ikus daitekeen irudian gogortasuna neurtzeko erabili den ekipoa ageri da. Gainazal borobil leunaren gainean kokatu behar da probetatik ateratako lagina, eta "orratzaren" parean jarriko da. Horrela botoi beltzari sakatuz, "orratza" laginaren kontra barneratuko da hiru segundoz, materialari dagokion gogortasuna neurtuz.



29.- Irudia. Gogortasun saiakuntza burutzeko ekipoa.

2.2.2. Dentsitatearen determinazioa

Dentsitatea material baten masa eta beronen bolumenaren arteko erlazioari dagokion parametroari deritzo. Dentsitatearen balioa determinatzeko jarraian ageri den irudiko ekipoa erabili da.

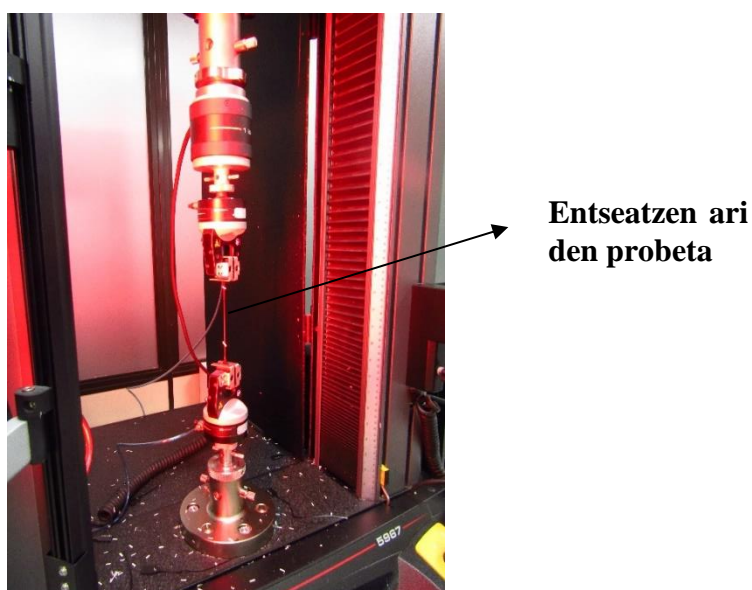


30.- Irudia. Lagin baten dentsitatea neurtzeko erabili den ekipoa.

Ekipo honek bi baskula ditu, bata goiko aldean kokatuta eta bestea ur ingurune batean murgilduta. Aurrez esan bezala, dentsitatea masa eta bolumenaren arteko erlazioa denez, tresna honekin laginaren masa neurtzen da lehendabizi, baskulan kokatuz eta ondoren ur ingurune baskulan bolumena neurtuz. Azkenik dentsitatearen balioa emango du ekipoa.

2.2.3. Trakzio saiakuntza

Trakzio saiakuntzan forma eta dimentsio arautuak dituen probeta bati probeta hautsi arteko trakzio-esfortzu axial gero eta handiagoa eta mailaz mailako igoerakoa ezartzen zaio. Lan honetan egindako trakzio saiakuntza dinamometroa deritzon ekipo batean burutu da hurrengo 31. Irudian ikus daitekeen bezala.

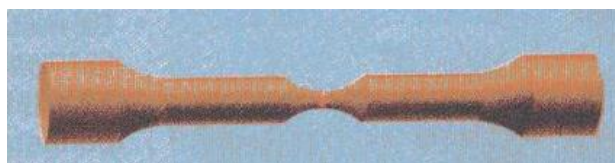


31.- Irudia. Probeta bati trakzio saiakuntza egiten eta berau burutzeko erabiltzen den ekipoa.

Saiakuntzan, lortutako karga eta luzapenarekin tentsio-deformazio diagramak irudikatzen dira. Tentsioa (σ) probetari ezarritako indarra zati probetaren hasierako azalera da eta deformazioa probetak (ϵ) uneoro duen luzera diferentzia, Δl , eta hasieran duen luzeeraren arteko erlazioa,

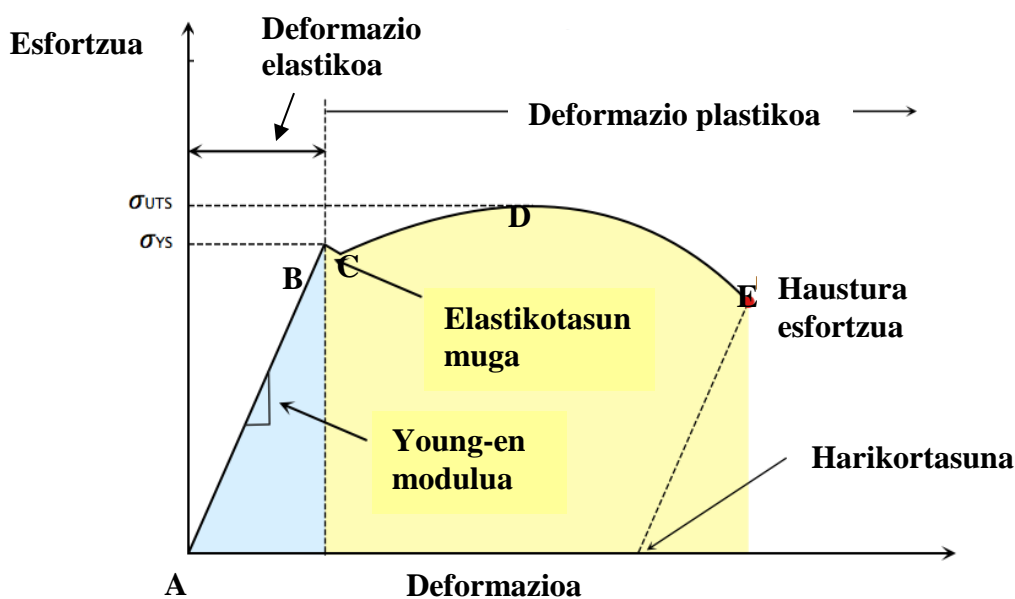
Trakziozko esfortzua gailu mekaniko edo hidraulikoekin eskuratzen da, gure kasuan dinamometroa deritzon ekipo batekin. Probetaren ardatzari ezartzen zaio karga eta muturren arteko luzera handitu egiten da; beraz esfortzu bakoitzari puntuen arteko distantzia bat egokitzen zaio. Trakziozko makinak esfortzu hori eta puntuen arteko distantzia uneoro neurtzen du.

Honez gain, probeta luzatuta sekzioa murriztu egiten da, estrikzioa delakoa lortuz. Estrikzioa deritzo gune plastikoan, hots tentsio maximotik aurrera, tentsioa handitu ahala, probetaren sekzioa murriztea egiten duen fenomenoari. Estrikzioaren fenomenoaren hurrengo 32. Irudiko adibidearen bitartez adierazi daiteke.



32.- Irudia. Trakzio saiakuntzarako erabilitako ausazko probeta batean estrikzio fenomenoaren ondoriozko emaitza.

Trakzio saiakuntza batean lortutako tentsio deformazio kurban lau gune bereizi ahal dira, deformazio elastikoa ematen den gunea, isurpen gunea, deformazio plastikoa ematen den gunea eta hustura ematen denekoa. Hurrengo esfortzu-deformazio kurban aipatutako lau guneak kokatuko dira besteak beste.



33.- Irudia. Esfortzu-Deformazio kurba, tarte elastikoa, isurpen gunea, tarte plastikoa eta haustura guneak bereizten direlarik.

33. Irudia osatzen duten tartekak azalduko dira jarraian.

- ❖ Tarte elastikoa (AB): Gune honetan esfortzuak kentzen badira, luzapena desagertu, eta probetak hasieran zuen luzera berreskuratzen du. Tarte honek Hook-en legea beteko du baldin eta esfortzu eta deformazioaren arteko erlazioa proportzionala baldin bada. Hook-en legeak hurrengo adierazpena jarraitzen du.

$$\sigma = E\varepsilon \rightarrow E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{F/S_0}{\Delta l/l_0} \text{ (Kg/mm}^2\text{)} \quad (1)$$

Non,

E: Elastikotasun modulua edota Young-en modulua den, zeinek materialaren zurruntasunaren berri ematen digun (Kg/mm²)

σ : Probetak jasandako tentsioa (Kg/mm²)

ε : Deformazioa

F: Probetaren zeharkako azaleraren gainean egindako indarra (Kg)

S₀: Probetaren zeharkako azalera (mm²)

Δl : Uneoro probetak duen luzera eta hasierako luzeraren arteko diferentzia (mm)

l₀: Probetak duen hasierako luzera (probeta zer den eta nola lortu atalean ageri den puntuen arteko hasiera distantziari dagokion luzera alegia) (mm)

- ❖ Isurpen muga (BC): Plastikotasun tartearen puntu horretatik aurrera hasten da. Bertan jasandako esfortzuari isurpen-tentsioa deitzen zaio.
- ❖ Tarte plastikoa (CE): Gune honetan esfortzuak kenduz gero, luzapena ez da desagertzen. Tarte honen barnean haustura-puntua, haustura-mugaren tartearen eta haustura-tartearen bezalakoak desberdindu daitezke.
 - Haustura-mugaren tartearen (CD): Tarte plastiko honetan, esfortzu txikiak luzapen handiak eragiten dituzte.
 - Haustura-puntua (D): Esfortzu handiena egiten den puntuari dagokio (hauste-tentsioa), nahiz eta oraindik materiala fisikoki apurtuta ez egon.
 - Haustura-tartearen (DE): Nahiz eta esfortzuak txikiagoak izan, materialak luzatzen jarraitzen du, azkenik E-puntuan fisikoki apurtuz. Tarte honetan estrikzio-fenomenoa gertatzen da; indarren balioa gero eta baxuagoa den arren, luzapenak handiagoak dira eta materialak kontrakzio bat jasaten du.

Lan honetan, trakzio-saiakuntzari dagokionez, bi entsegu-bete dira, karga-apurketa, non apurtu arteko tentsio-maximoa neurtzen den eta karga-deformazioa.

- ❖ Karga-apurketa: Probetaren apurtu-arte-laginak jasandako tentsio-maximoari dagokion balioaren determinatzea.

❖ Deformazio apurketa: Lagina apurtzen den uneko deformazio maximoa.

2.2.4. Zaharkitze saiakuntza

Zaharkitze entseguaren helburua probetak labe batean denbora eta temperatura jakin batean mantendu ondoren, kasu honetan 168 h eta 125 °C-tan, trakzio saiakuntzan zer nolako bilakaera izan duten ikusteko egiten da. Lan honetan sufre bidez eta peroxido bidez bulkanizatutako bi lagin zaharkitu dira ondoren trakzio saiakuntza burutzeko. Aurreko ataletan aipatutako prozedura bera erabiliko da emaitzak lortzeko eta gero zaharkitu gabeko probetekin lortutakoarekin alderatuko da. Lortutako emaitzak alderatuko dira, horrela beraien propietateen berri emateko. Saiakuntza honetarako hurrengo 34. Irudiko labe mota erabili da.



a)



b)

34.- Irudia. Zaharkitzea burutzeko labea, a) barrutik, b) kanpotik

Karakterizazioaren atala bukatutzat emanda, orain piezen balioeztapen prozesua azalduko da.

2.3 NORABIDE HAUTS BABESLEEN BALIOZTAPENA

Lehenbizi azalduko den saiakuntza karga deformazioa izango da, ondoren water submersion-a eta azkenik tentsioen-erlaxazioa eta pressure mapping saiakuntzak

2.3.1. Karga deformazioa

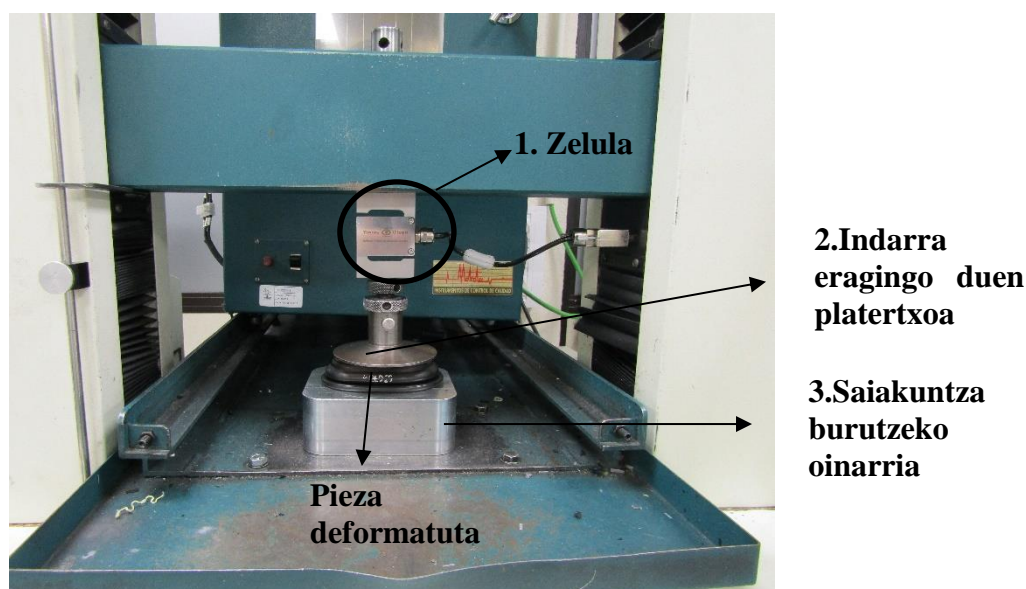
Saiakuntza honetan aurretik aipatutako hiru motatako norabide hauts babesleak entsaiatu dira dinamometroa deritzon ekipoaren bidez, 35.Irudia. Makina honetan 2500N-eko zelula bat erabili da, non platertxo bati kokatuz, 35.Irudia, pieza bakoitzaren kontra indarra egin den. Hiru motatako piezek 15 mm-ko desplazamendua jasateko behar duten indarra neurtu da *Metrotest* programaren bitartez. Saiakuntza hau *3+1 Norma*-ren arabera burutzen da, hau da; lau karga ziklo egin behar zaizkio pieza bakoitzari, hiru preziklo bezela kontsideratuko direnak eta laugarrena ontzat hartuko dena. Ziklo bakoitza karga eta deskarga aldiari dagokio. Norabide hauts babesle bakoitzari laugarren zikloan lortutako emaitzak ontzat hartzearen arrazoia iada laugarren ziklotik aurrera egoera erlaxatuan aurkitzen delako da. Honez gain, Mullins efektuak zenbait zikloren ondoren, piezari karga ziklo gehiago eginez gero (gehiegi izan gabe, bestela neke saiakuntza bezala kontsideratuko baita) portaera bera erakutsiko duela justifikatzen du, beti ere desplazamendu berdinerako (Diani et al., 2009).

Egia da piezaren portaera dinamikoa aztertzen dela saiakuntza honetan eta autoan duen funtzionalitatearekin ez datorrela bat, izan ere konpresio egoera estanko batean erabiltzen baita. Orain dela gutxi arte ez dira ohartu honetaz Cikatek ikerkuntza zentzuzko teknikoak. Hala ere momentuz *3+1 Norma*-k ezarritako kriterioarekin eta bezeroaren espezifikazioak jarraituz dihardute piezak entseiatzen.

Saiakuntza honen bitartez pieza karga ziklo batzuen ondoren erlaxatzea lortu da. Ezarritako ziklo bakoitzean lortutako datuak grafikatu dira, horrela lau ziklo ondoren portara beretsua dutela justifikatuz.

Eskaintza zenbaki bakoitzeko bi pieza ezberdinekin egin da lan, pieza batetik bestera jokaera bera edota antzekoa dagoela konprobatzeko. Aurrez aipatu bezala, pieza bakoitzari gutxienez lau aldiz burutu zaio karga-deskarga, *3+1 Norma*-ren arabera eta 15 mm-ko desplazamendu tartea lortzeko beharrezko indarra neurtu da.

Entsegua 23 °C-tan aurkitzen den gela itxi batean egin da, dinamometro deritzon ekipoarekin, zein 35. Irudian ikus daitekeen, saiakuntzako atal bakoitzarekin.



35.- Irudia. Karga-deformazio saiakuntzaren simulazioa dinamometroan 2500N-eko zelula erabiliz eta atalak identifikatuz..

Zelulari atxikiz, platertxo bat jarri da (2), horrela gainazal zapal eta leun batek zelularen indarra transmititzeko kautxuzko piezari. Norabide hauts babesle bakoitzaren azpian euskarri bat (3) kokatu da. Pieza bakoitza entseiatzeko utilaje deritzon gorputz batean inguruan ezarri da, horrela zelularen bitartez transmititutako indarrak orekatuak eta pieza osoan zehar sakabanatu daitezten. Gainera norabide hauts babesleen funtzioa burutzeko kokatuko den piezaren erreplika bat da.

Kasu honetan ez da erabili trakzio saiakuntza egiteko erabili den dinamometro bera. Horrez gain karga ziklo abiadura 12 m/s-koa izan da eta indarra egiteko 2500 N-eko zelula bat erabili da. Jarraian ageri diren 1 eta 2. Tauletan karga-deformazioa burutu deneko baldintzak eta tresnak biltzen dira.

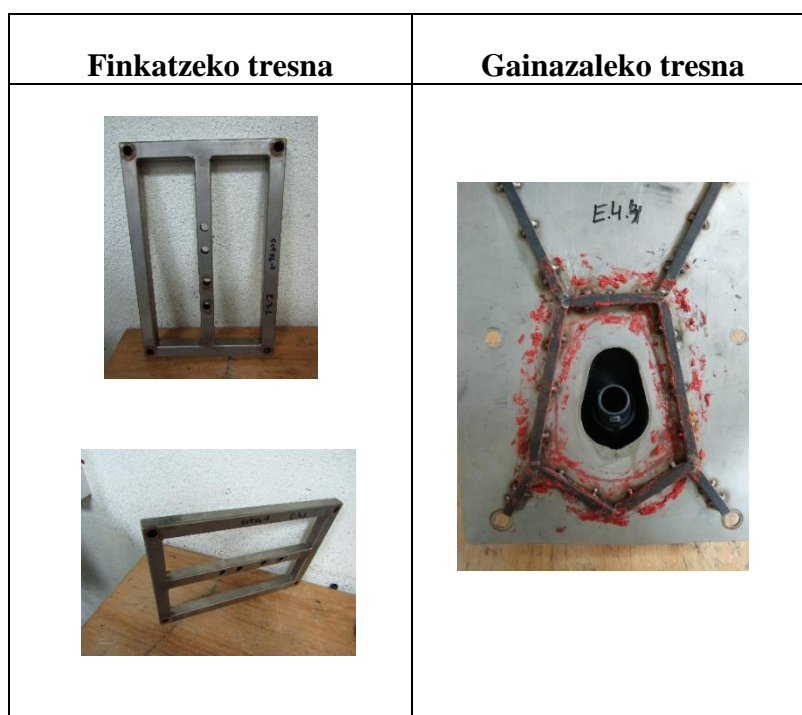
Saiakuntza burutu deneko baldintzak eta tresnak Anexoko 8. eta 9. Tauletan jasota daude.

Karga deformazioa albo batera utziz, water submersion saiakuntzan egin dena azalduko da ostean.

2.3.2. Water submersion

Saiakuntza honen funtsa tenperatura aldaketa bortitz baten aurrean materialak duen portaera begiztatzea da, ihes-guneren bat eman daitekeen ala ez aztertuz. Aurrez aipatu bezala, pieza honen helburu nagusia estankotasuna burutzea da konpresio egoera batean. Horrenbestez ihes-guneren bat izanez gero beronen funtzio nagusia betetzen ez dela argi dago.

Kasu honetan hauts norabide babesle bakoitzari talka termiko bat egin zaio, labe batean 150°C -tan berotu ondoren $0-5^{\circ}\text{C}$ -tan aurkitzen den ur bainu batean sartuz. Anexoko 10. Taulan saiakuntza burutu deneko baldintzak azaltzen dira eta 36. Irudian erabili den materiala.



36.Irudia. Water submersion saiakuntza burutu deneko materiala.

Entsegu honetan 37. Irudiko muntaia burutu da, non pieza desplazamendu desberdinetara konprimitu den finkatzeko tresna eta gainazaleko plaka torlojuekin gehiago edo gutxiago estutuz. Lehenbizi 150°C -tako bero ganbara batean sartu da muntaia osoa eta ondoren $0-5^{\circ}\text{C}$ -tako ur hotz ganbara batera igaro da. Muntaia ez da osorik uretan murgildu, gainazalean kokatutako silikonak oztopatu egin du ura, horrela alderdi hori lehor mantenduz. Talka termikoaren bitartez hauts norabide babesleak gainazaleko plakarekin duen kontaktuan ihes-guneren bat detektatzeko balio du, lehor dagoen piezaren barne alderdi horretan ur tantaren baten agerpenari bide emanez.



37.- Irudia. Ezkerreko irudian azpiko aldean finkatzeko tresna goiko plakari estututa pieza tartean dagoela. Eskuineko irudian plakaren gainazala ageri da silikonaz babestuta (zirkunferentzia beltza) ura piezaren barne aldera ez igarotzeko.

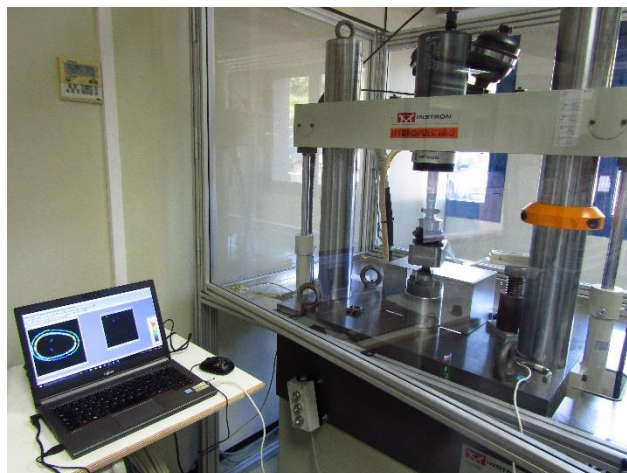
Bukatzeko, tentsioen erlaxazioa eta pressure mapping saiakuntzak azalduko dira.

2.3.3. Tentsioen erlaxazioa eta Pressure mapping

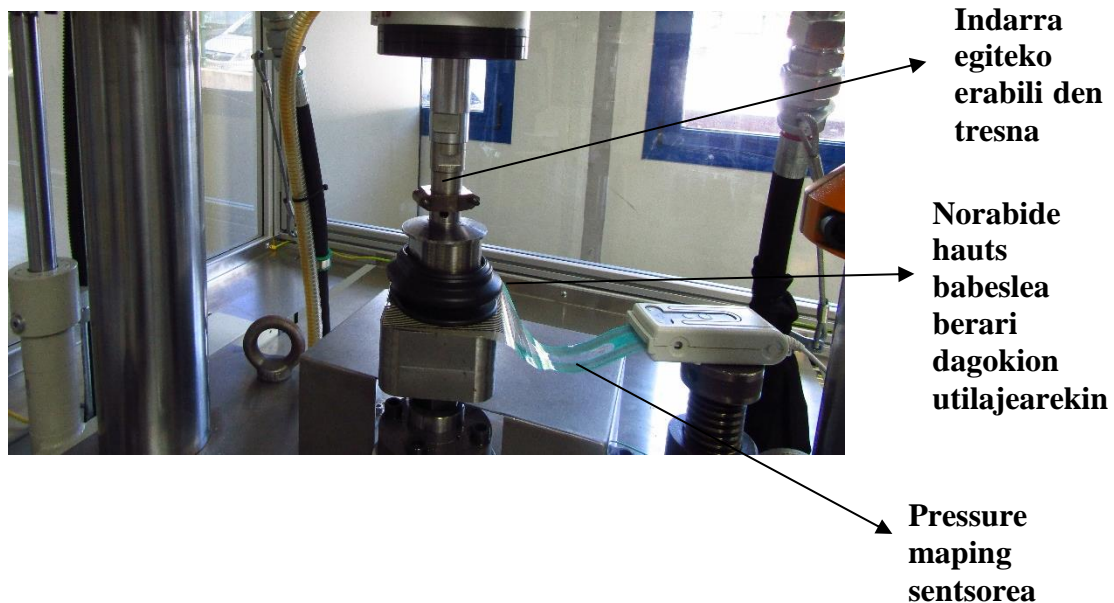
Norabide hauts babeslearen balioztapen honetan burutu diren azken saiakuntzak tentsioen erlaxazioa eta pressure mapping-a izan dira.

Piezak bere estankotasun funtzioa egiten diharduen bitartean, kautxua erlaxatuz doa denboran zehar. Horretarako hurrengo ekipoaren laguntzaz, 38 eta 39. Irudiak, eskaintza guztietako piezei hasierako deformazio bat lortzeko konpresio bat ezarri zaie, eta deformazioa konstante mantenduz, konpresio indarra nola aldatzen den denboran zehar determinatu da. Pieza bakoitzak deformazio tarte ezberdin bat du, tolerantzia deritzona. Tarte horren barruan lortutako emaitzak onargarriak izan behar dira funtzionalitatea egokia izan dadin. Desplazamendu tarte bat determinatzearen arrazoia, norabide hauts babeslea autoan kokatzerakoan beti posizio bera zehatz mehatz ez mantentzeagatik da. Hori dela eta tolerantzia bat kontuan izan behar da, horrela piezak tarte horretan berdin-berdin bere funtzioa gauzatuko duela ziurtatuz.

Deformazio bakoitzerako, mota bakoitzeko pieza berri bana erabili da. Halaber, entsegu honekin batera pressure mapping sentsorea erabili da pieza bakoitzak sentsorearen kontaktu gainazalarekin eragiten duen presioa neurtzeko, egin diren deformazio kasu guztietarako. Honela sistemak ihes-guneak identifikatzeko balio ote duen frogatu da baita ere. 39. Irudian, egindako muntaiaren irudi bat erakusten da.



38.- Irudia. Tentsioen erlaxazioa eta pressure mapping burutu deneko muntaia.



39.- Irudia. Tentsioen erlaxazioa eta Pressure mapping-a burutu deneko saiakuntzako muntaiaren irudi zehaztuagoa.

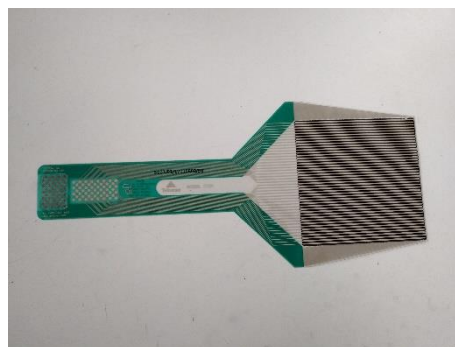
Orain, erabili den pressure mapping sentsorearen nondik norakoak azalduko dira labur.

- ❖ **Pressure mapping sentsorea:** Sistema honek, sentsore baten gainean ezarritako edozein materialen kontaktu gainazalak eragiten duen presioa neurtzeko balio du. Objektuaren presio totala nahiz kontaktu azalerako puntu bakoitzari dagokion presioa neurtzeko gai da. Sentsorea ordenagailu bati lotuta dago, eta ordenagailu programari esker, Tekscan deritzona, sentsore gainean dagoen edozein objektuaren kontaktu gainazalaren presioa neurtzen du, kuantitatiboki nahiz kualitatiboki. Gainera, denboran zehar presio bilakaera neurtzeko ere erabil daiteke besteak beste. Jarraian sentsorearen bi irudi

erakutsiko dira, 40. Irudia, pieza bat ganean kokatuta eta bestea zer nolako gainazala duen ikusteko.



a)



b)

40.- Irudia. a) Pressure mapping sentsorea kautxuzko piezarekin, b) kautxuzko piezarik gabe .

Anexoko 11. Taulan saiakuntza burutu direneko baldintzak, bakoitzari dagokion desplazamendu tartea eta erabilitako utilajeak ageri dira.

Behin burututako saiakuntzak argituz, orain lortutako emaitzak azalduko dira ondorengo atalean.

3. EMAITZAK

Emaitzekin hasiz, karakterizazioan lortutakoak aipatuko dira lehenbizi.

3.1 KARAKTERIZAZIOA

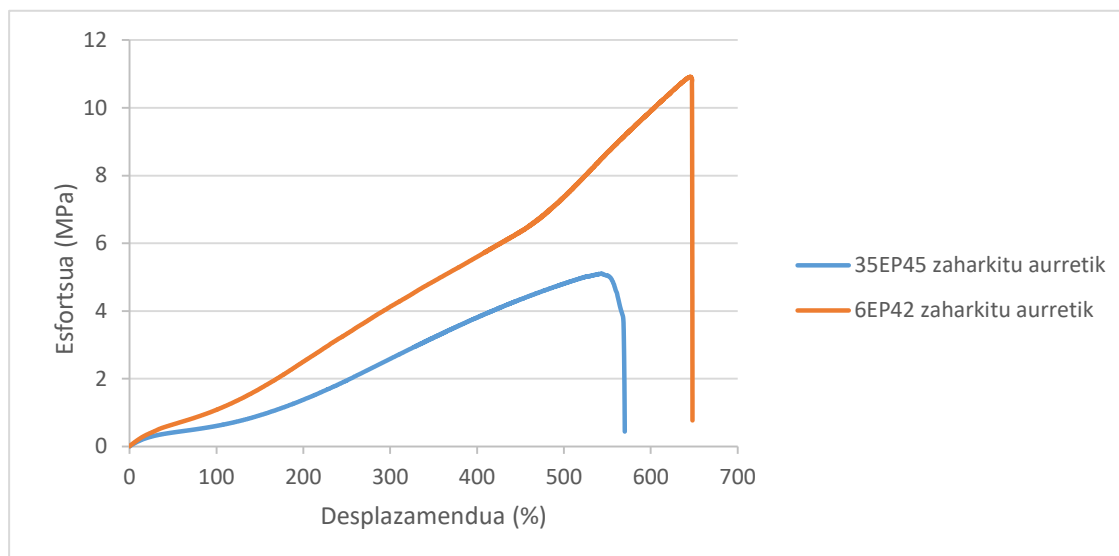
Materialaren karakterizazioari dagokion atal honetan piezak ez dira eskaintza zenbakiaren arabera aztertuko, hau da, 63678, 55178 eta 56595 motaka, baizik eta bulkanizazio prozesuan jasan duten gurutzaketa motaren arabera, hau da, sufre edota peroxido bidez bulkanizatu baldin badira. Sufre bidezko bulkanizaziorako 6EP42-I identifikazioa esleituko zaio eta peroxido bidez bulkanizatutakoari 35EP45-IVP.

Gogortasun eta dentsitatearen emaitzak bildu dira jarraian azaltzen den 1. Taulan.

1.- Taula. 6EP42-I eta 35EP45-IVP materialerako gogortasun eta dentsitatearen balioak.

	Gogortasuna (ShA)	Gogortasun tolerantzia (ShA)	Dentsitatea (g/cm ³)
6EP42-I	42.3	45+5	1.11
35EP45-IVP	45.7	42+5	1.07

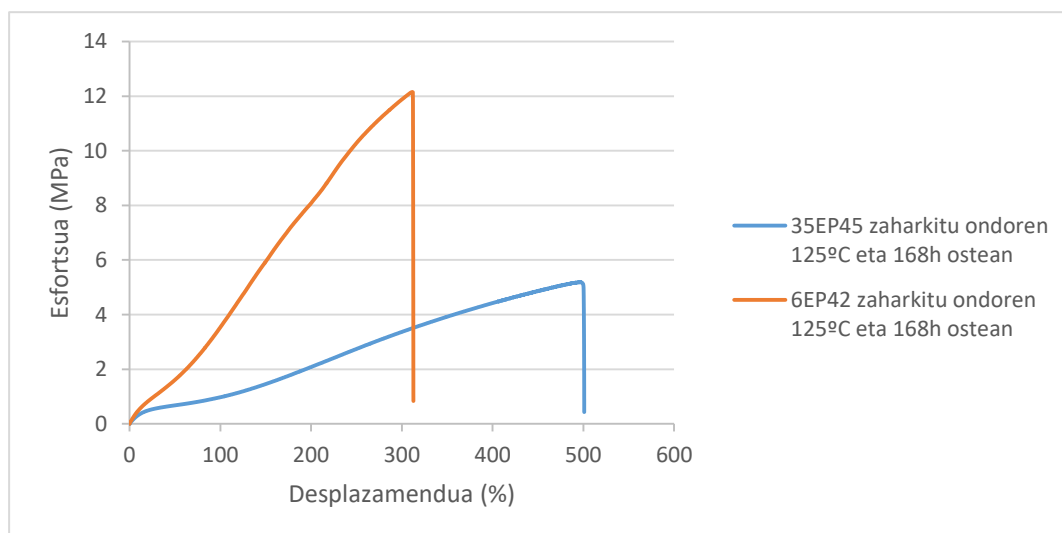
Ondoren trakzio saiakuntzan lortutako kurbadurak eta emaitzak aztertuko dira, lehenbizi material bien zaharkitu aurreko kurbak alderatuz eta ostean zaharkitu ondoren.



41.- Irudia. 6EP42-I eta 35EP45-ren trakzio saiakuntzako kurbadurak, zaharkitu aurretik.

6EP42-I eta 35EP45-IVP materialen esfortzua desplazamenduarekiko irudikatu den 41. Irudi honetan erreparatu daiteke nola 6EP42-I materialak deformazio handiagoa jasan dezakeela haustura puntura (esfortzu maximoa eman deneko puntua alegia) iritsi baino lehen 35EP45-IVP arekin alderatuz inolako zaharkipenik eman gabe eta 23 °C-tako baldintzetan neurketak eginez. Honen arrazoia sufre bidezko bulkanizazioan datza, izan ere eratu diren C-S_n-C loturek malgutasun handiagoa eskainiko baitiote peroxido bidezko bulkanizazioan lortutako C-C loturek baino, horrela desplazamendu handiagoak lortuz.

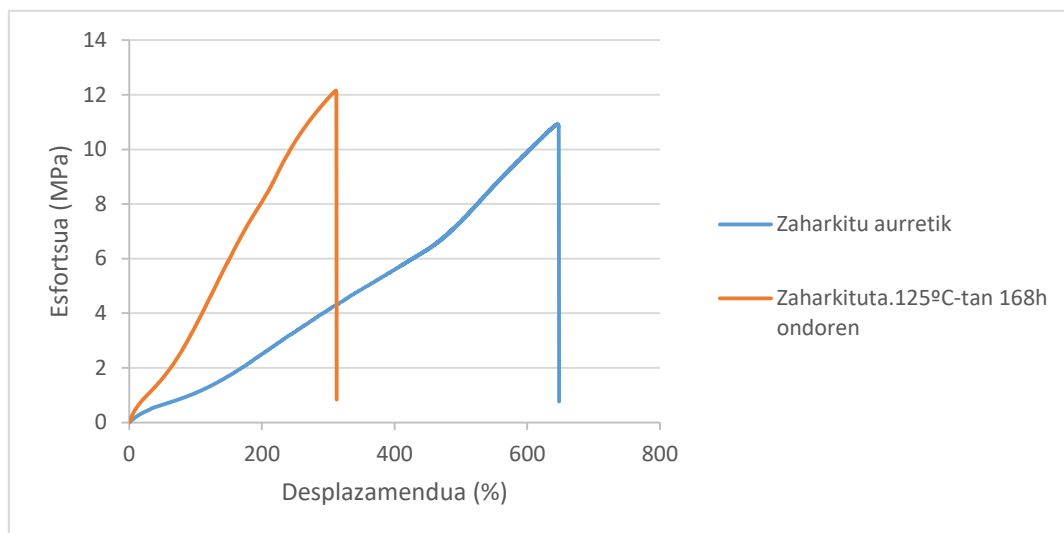
Hurrengo kasuan, material biak 125 °C-tan 168 orduz zaharkitzen utzi ondoren 23 °C-tan egin zaie trakzio saiakuntza, jarraian azaltzen diren 42. Irudiko kurbadurak lortuz.



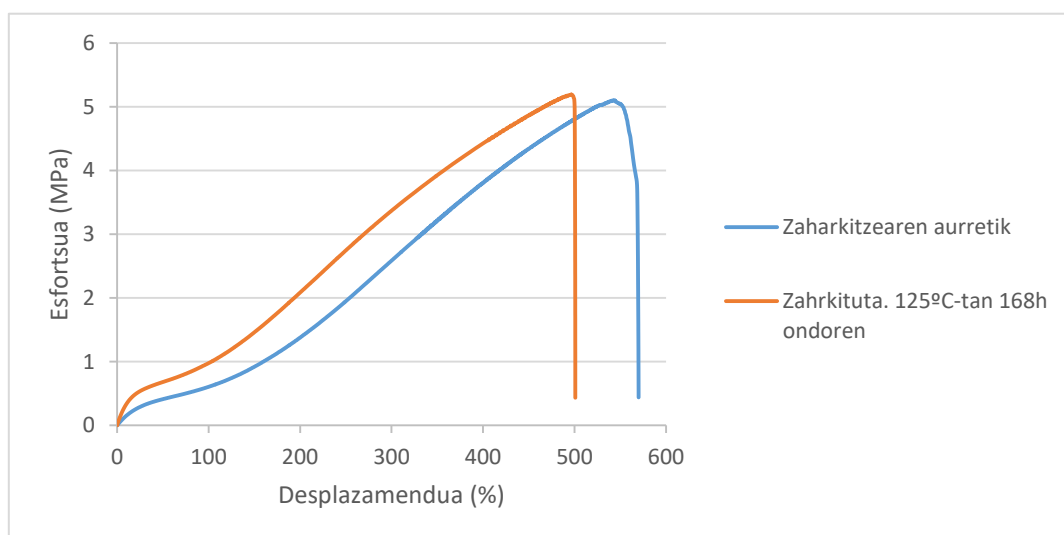
42.- Irudia. 6EP42-I eta 35EP45-IVPren trakzio saiakuntzako kurbadurak, zaharkitu ondoren 125°C eta 168h eta gero.

Zaharkipenik gabeko kasuarekin alderatuz, oraingo honetan ikus daiteke nola 35EP45-IVP materiala gai dela desplazamendu handiagoak jasateko 6EP42-I materialarekin alderatuz. Fenomeno honek bulkanizazioa burutu deneko metodoarekin du zer ikusia. Sufrea termikoki ez da bat ere egonkorra, peroxidoarekin alderatuz, horrela bere malgutasun propietateak jaitsiz.

Trakzio saiakuntzarekin amaituz, material bakoitza aztertu da banaka zaharkitu aurretik eta ondoren, 43 eta 44. Irudietako grafikoak lortuz.



43. Irudia. 6EP42-Iren trakzio saiakuntzako kurbadurak, zaharkitu aurretik eta ondoren.



44. Irudia. 35EP45-IVPren trakzio saiakuntzako kurbadurak, zaharkitu aurretik eta ondoren.

Material biak alderatuz, 6EP42-Iaren kasuan zaharkitzeak deformatzeko duen gaitasunean eragin nabarmena du, ia zaharkitu gabeko balioaren erdira murriztuz. Hau bulkanizazio prozesuan eraturako sufre loturen ezegonkortasun termikoa dela medio ematen da. 35EP45-IVParekin berriz peroxido bidezko bulkanizazioaren ondorioz eta lotura honek aurkezten duen egonkortasun termikoari esker, zaharkitzapenaren eragina ez da hain nabaria. Hurrengo

2.Taulan zaharkitze aurretik eta ondoren lortutako karga apurketa eta deformazio apurketaren emaitzak azaltzen dira.

2.- Taula. 6EP42-I eta 35EP45-IVP materialetarako karga apurketa eta deformazio apurketa zaharkitu aurretik eta ondoren lortutako emaitza kuantitatiboak.

	Karga apurketa zaharkitu aurretik (MPa)	Deformazio apurketa zaharkitu aurretik (mm)	Karga apurketa zaharkitu ondoren (MPa)	Deformazio apurketa zaharkitu ondoren (mm)
6EP42-I	10.913	212.556	12.152	96.452
35EP45-IVP	5.101	162.133	5.190	125.286

2.taulan bildutako emaitzen arabera, zaharkitu ondoren behar den esfortzua handiagoa izango da zaharkitu baino lehen behar denarekin konparatuta, hau tenperatura altuek materiala hauskorragoa bilakatzen dutelako izan daiteke, horrela apurketa emateko indar gehiago behar izanez. Apurketa ematen deneko uneko deformazioa aldiz txikiagoa da materialak zaharkitu ondoren, malgutasuna galtzen baitu tenperatura altuen aurrean.

Karakterizazioa bukatu ondoren, piezen balioeztapenean lortutako emaitzak erakutsi eta azalduko dira jarraian.

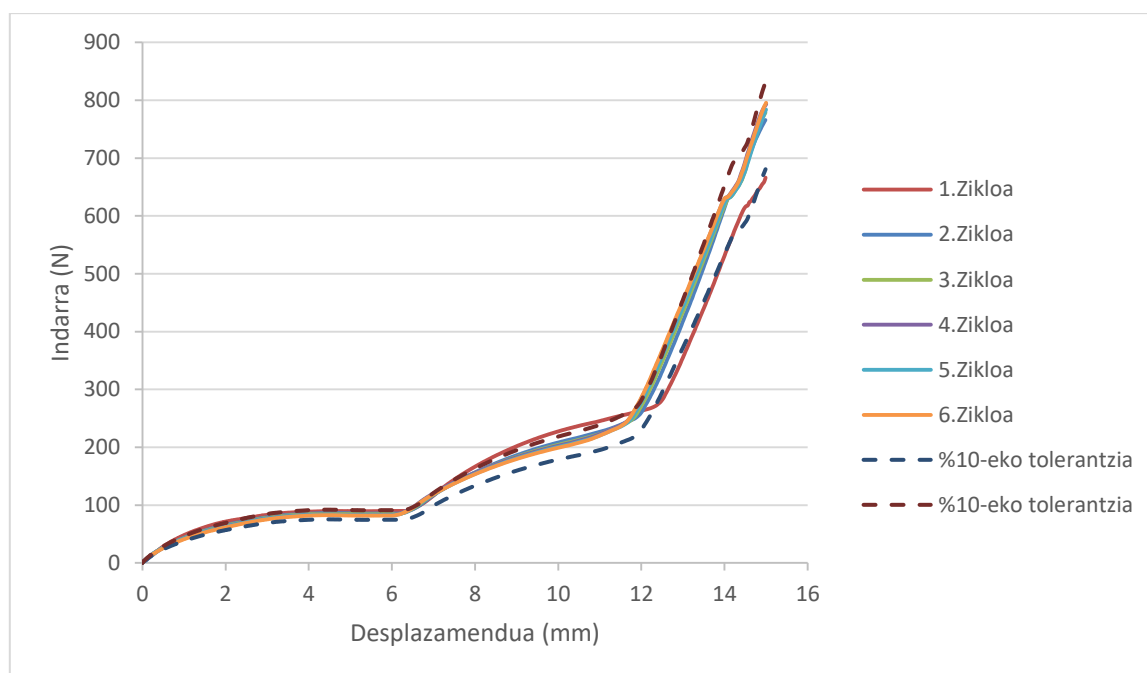
3.2 PIEZEN BALIOZTAPENA

Lehenbizi egin den saiakuntza karga-deformazioa izan da, hurrengo emaitza hauek lortuz.

3.2.1. Karga deformazioa

Saiakuntza honetan mota bakoitzeko bi piezei karga-zikloak ezarri zaizkie hurrengo portaerak erakutsiz.

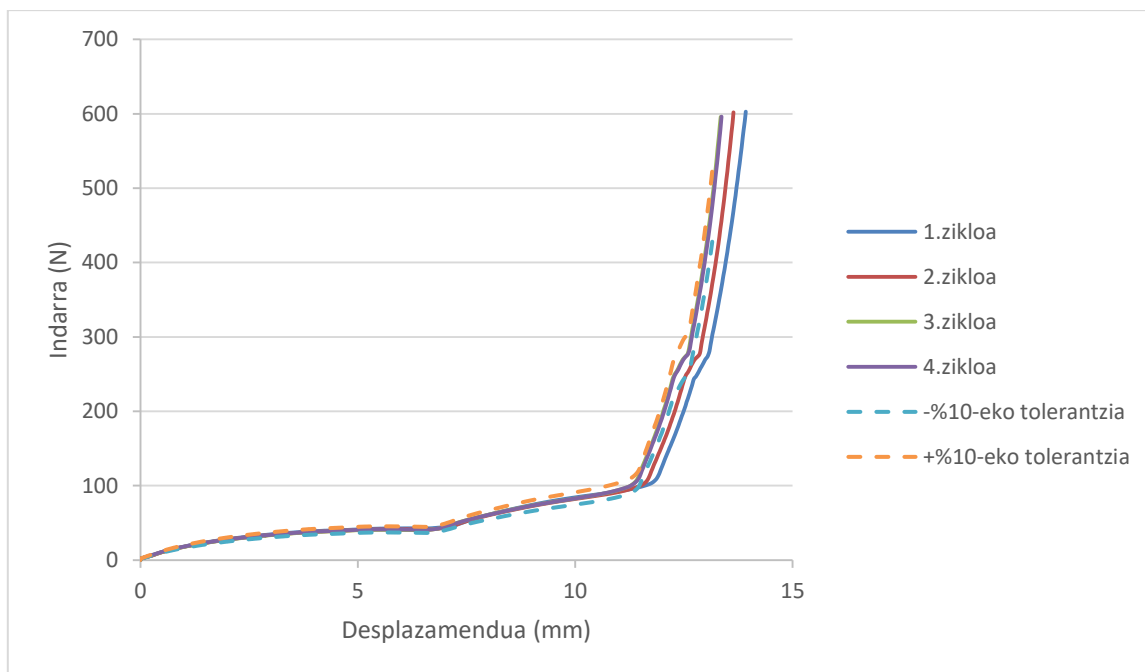
Lehenbiziko saiakuntza 63678 eskaintzako piezarekin burutu da. Ondoren azaltzen diren, 45 eta 46. Irudietan ikus daiteke beronen portaera.



45.- Irudia. 63678 1.Pieza-k 15mm desplazatzeko behar duen indarra 6 ziklo ezberdinetan.

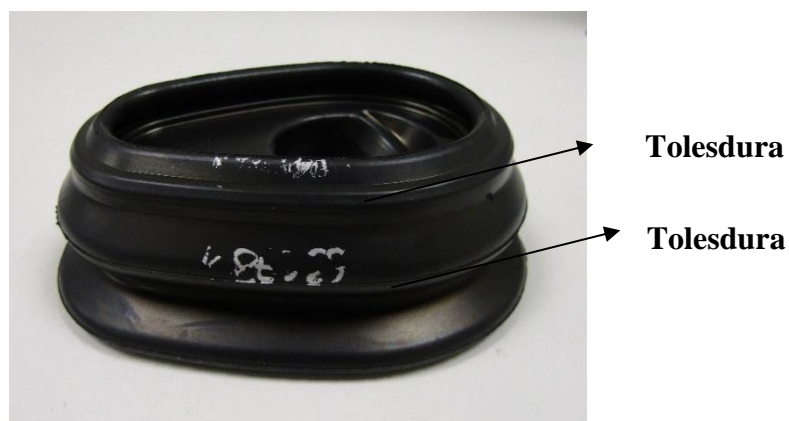
Aurreko 45.irudian ikusten den bezala, 63678 eskaintzako pieza bati 6 karga-ziklo burutu zaizkio dinamometroa deritzon gailuarekin. Aurretiaz piezak ez du inolako deformaziorik jasan eta horrenbestez izan dezakeen egoera “zurrunenean” aurkitzen dela aipatu behar da. 45. Irudian, pieza gehienez 15 mm deformatzeko behar duen indarra irudikatzen da. Ikusten den moduan, 4.ziklotik aurrerako saiakuntzetan emaitza berdinak lortzen dira, hori dela eta *3+1 Norma*-ren erabilera konprobatzen da.

Aurrez aipatu bezala, pieza bere egoera “zurrunenean” aurkitzen denez lehenbiziko zikloan, bere barneko loturetan ez da inolako aldaketa fisikorik eman. Hori dela eta, lehenbiziko karga-deskarga saiakuntzan pieza gutxiago deformatuko da ez baitago hain erlaxatuta. Behin piezaren barne tentsioak erlaxatuta, portaera biskoelastikoa eta errekuiperatzeko denbora tarte oso txikia izanik, ez du guztiz bere hasierako portaera berreskuratuko. Beraz hasieran izan duen “altuera” ez du lortuko. Ondorioz, pieza hasiera batean zena baino “txikiagoa” dela kontuan izanik, 12 mm eta 15 mm-ko tartean indar gehiago egin beharko zaio hiru eta laugarren zikloetan lehenbiziko biekin alderatuz deformazio bera lortzeko. Ezarritako %10-eko tolerantzia kurben tartean aurkitzen denez 4.zikloari dagokion kurba (intereseko kurba), horrenbestez emaitzak zuzenak direla esan daiteke. Honekin lotuta, 45 eta 46. Irudietan ikusten diren kurbadura ibilbide aldaketak piezaren geometria dela eta lortzen dira. Aipatu beharra dago geometriak zer nolako eraginak dituen piezan eta bere funtzionalitatean ez dela aztertu lan honetan.



46.- Irudia. 63678 2. Pieza-k 13 mm desplazatzeko behar duen indarra 4 ziklotan.

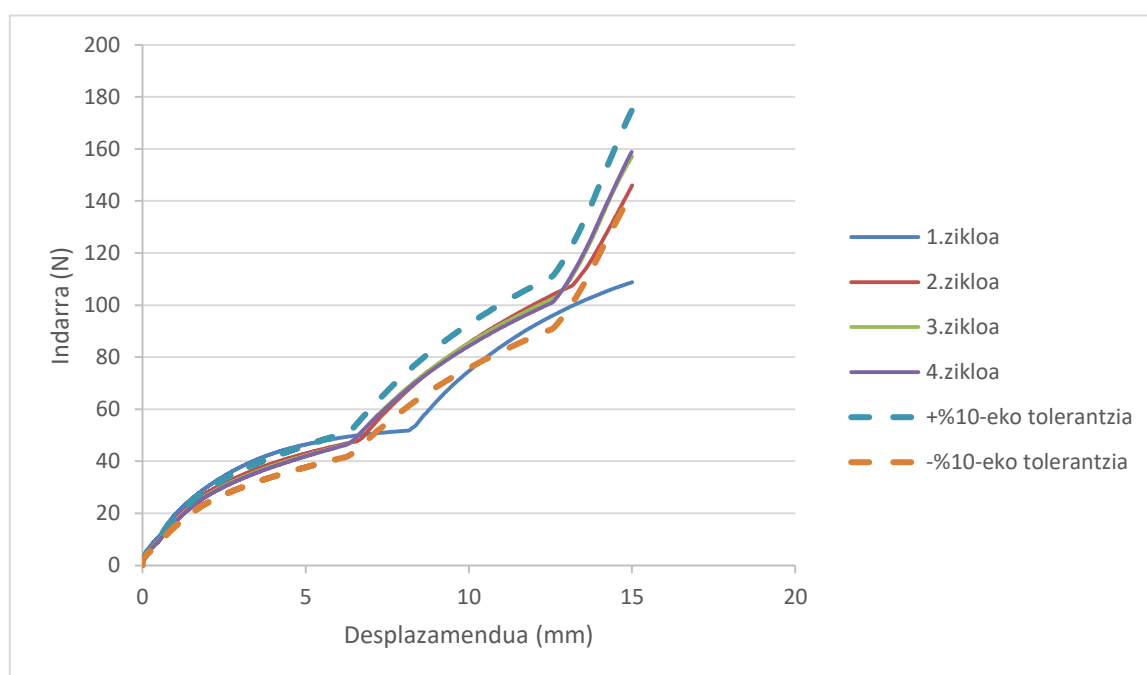
Aurreko eskaintza bereko bigarren norabide hauts babesleari karga-ziklo bera egin zaio, oraingo honetan 4 ziklo soilik eginez 13 mm-ko deformaziorako. Saiakuntza osoa 15 mm-ko desplazamenduarekiko egitekoa zen, baina entsegu honetan errata bat eman zenez 13 mm-tarako egin da. Hemen ere *3+1 Norma*-ren portaera betetzen dela ikusten da, iada hirugarren eta laugarren ziklotan lortutako kurbadurak berdinak baitira. Kasu honetan ere azken bi ziklotan pieza erlaxatuta aurkitzen denez, indar gehiago behar da 12-13 mm tartean lehenengo eta bigarren zikloekin alderatuz deformazio bera lortzeko. Hemen ere ezarritako tolerantzia kurben tartean aurkitzen denez 4. zikloari dagokion kurba (intereseko kurba), emaitzak zuzenak direla esan daiteke. Kurben inflexio puntuak piezaren geometriari dagokion tolesdurak direla eta lortzen dira, behin tolesdurara iritsita puntu horretan indar gehiago egiten baita. Ondorengo 47. Irudian 63678-ren tolesdurak identifikatzen dira.



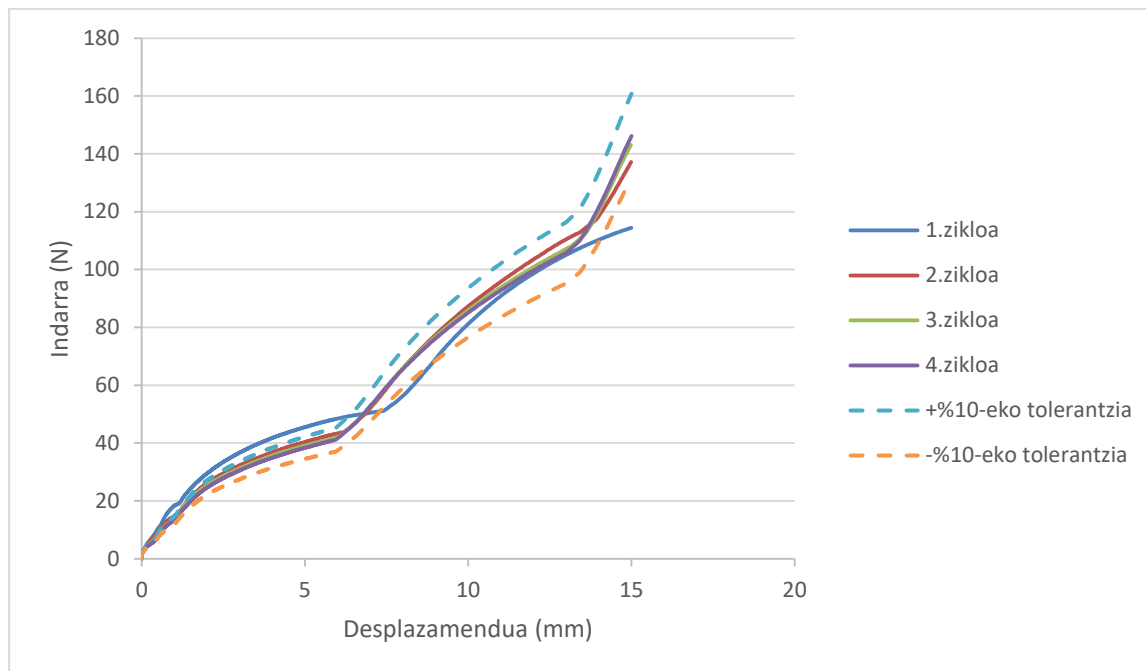
47.- Irudia. 63678 piezaren tolesduren identifikazioa.

Jarraian 55158 Norabide hauts babeslearen portaera erreparatuko da 48 eta 49. Irudietan.

63678 norabide hauts babeslearekin bezala, 3+1 Norma bete dela aipatu daiteke, bi, hiru eta laugarren zikloetatik aurrera kautxuak portaera bera erakusten baitu. Gainera, lehenbiziko zikloarekin konparatuz, gainontzeko zikloetan indar gehiago erabili behar izan da desplazamendu bera lortzeko, hau pieza dagoeneko modu erlaxatuan dagoelako da. Oraingo honetan ere ez zaio behar adina denbora eman berreskurapen totala egiteko ziklo batetik bestera, horrenbestez hasieran duen altuera bera ez duenez izango, eta modu “bigunagoan” aurkitzen denez, desplazamendu berdina lortzeko indar gehiago beharko da. Aipatutako 3+1 Norma-ren betetzea eta deformazio bera lortzeko indar gehiago erabili behar izana aztertu diren pieza bietan eman da. 48 eta 49. Irudi bietan lortutako emaitzak zuzenak direla esan daiteke, izan ere intereseko 4.zikloari dagokion kurba %10-eko tolerantzia kurben tartean aurkitzen baita. Kasu honetan ere inflexio puntuak aurkitzen dira 48 eta 49 Irudietan, zein piezaren geometriaren tolesdurretan indar gehiago ematearen ondoriozko kausa diren. Deformazioa handituz doan heinean, tolesdurak parte hartzen doaz prozesuan, horrela desplazatzeko indar gehiago behar izanez. Aitzitik, 63678-rekin alderatuz, 55158-ren altuera handiagoa izateagatik, tolesdurretan egin ahal izan den indarra txikiagoa izan da desplazamendu berdina lortzeko orduan.

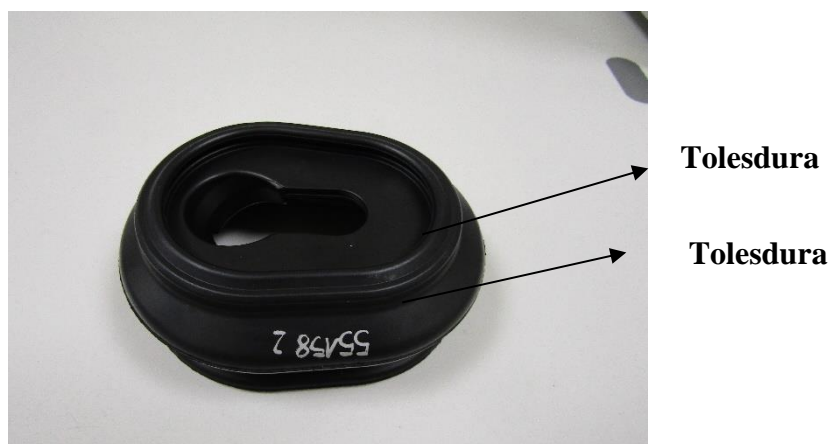


48.- Irudia. 55158 1. Pieza-k 15 mm desplazatzeko behar duen indarra 4 ziklo ezberdinetan.



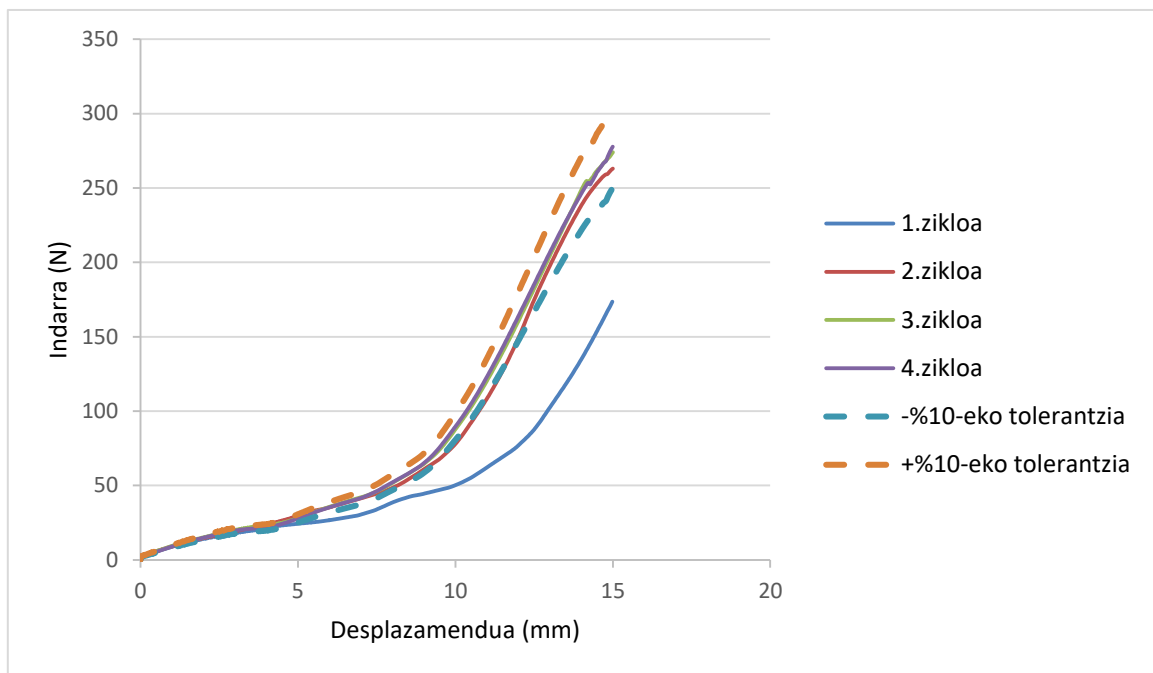
49.- Irudia. 55158 2. Pieza-k 15 mm desplazatzeko behar duen indarra 4 ziklo ezberdinetan.

Hurrengo 50. Irudian 55158 piezaren tolesdurak ikusi daitezke.

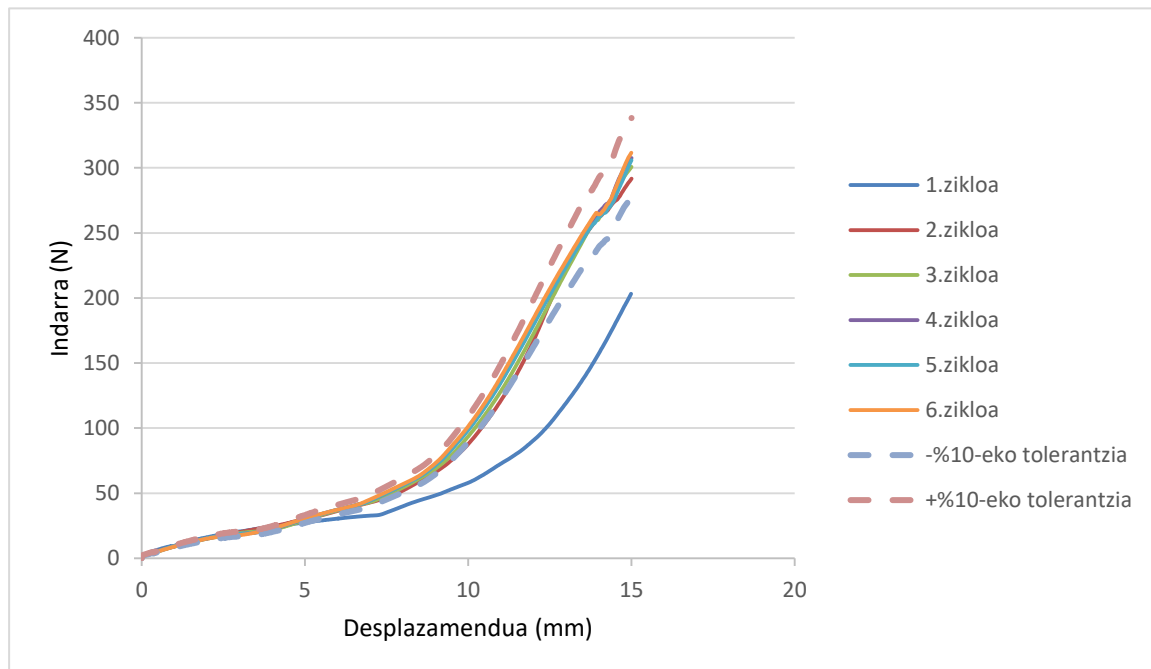


50.- Irudia. 55158 piezaren tolesduren identifikazioa.

Karga-deformazio saiakuntzari bukaera emanez, 56595 eskaintzako norabide hauts babesleak aztertzeari ekin zaio. Aurretiaz egin diren 63678 eta 55158 eskaintzetako piezen jokaera beretsua erakutsi dute bi hauek ere. Hemen ere 4.ziklorako lortu den kurbadura %10-eko tolerantzia kurbaduren barruan aurkitzen denez, lortutako emaitzak zuzenak direla esan daiteke. Ezberdindu daitekeen aspektu bakarra bere geometria dela eta lortu diren kurbadura ezberdinak dira, 50 eta 51. Irudietan ikusi daitekeen bezala. Kasu honetan esan daiteke tolesdura bakarraren eragina soilik antzeman dela. Suposatu daiteke bere altueragatik ez dela konprimitu bigarren tolesdurak eraginik izateko moduan eta hori dela eta lortu dela horrelako kurbadura.



51.- Irudia. 56595 1. Pieza-k 15 mm desplazatzeko behar duen indarra 4 ziklo ezberdinetan.



52.- Irudia. 56595 2. Pieza-k 15 mm desplazatzeko behar duen indarra 6 ziklo ezberdinetan.

Hurrengo 53. Irudian 56595 piezaren tolesduren identifikazioa ikusi daiteke.



53.- Irudia. 55158 piezaren tolesduren identifikazioa.

Jarraian adieraziko diren emaitzak water submersion saiakuntzan lortutakoak izango dira.

3.2.2. Water submersion

Hurrengo saiakuntza honetan eskaintza guztietako pieza banari talka termikoak egin zaizkio 150°C –ko labe batean berotu ondoren 0-5°C bitartean aurkitzen den ur bainu batean piezaren alderdi bat soilik murgilduz, horrela ihes-guneren bat duen identifikatzeko. Prozesua 10 aldiz burutu da, ingurune berotan ordubetez eta ondoren 60 segundoz ur hotzetan utziz.

Jarraian lortutako emaitza kualitatiboak azaltzen dira.

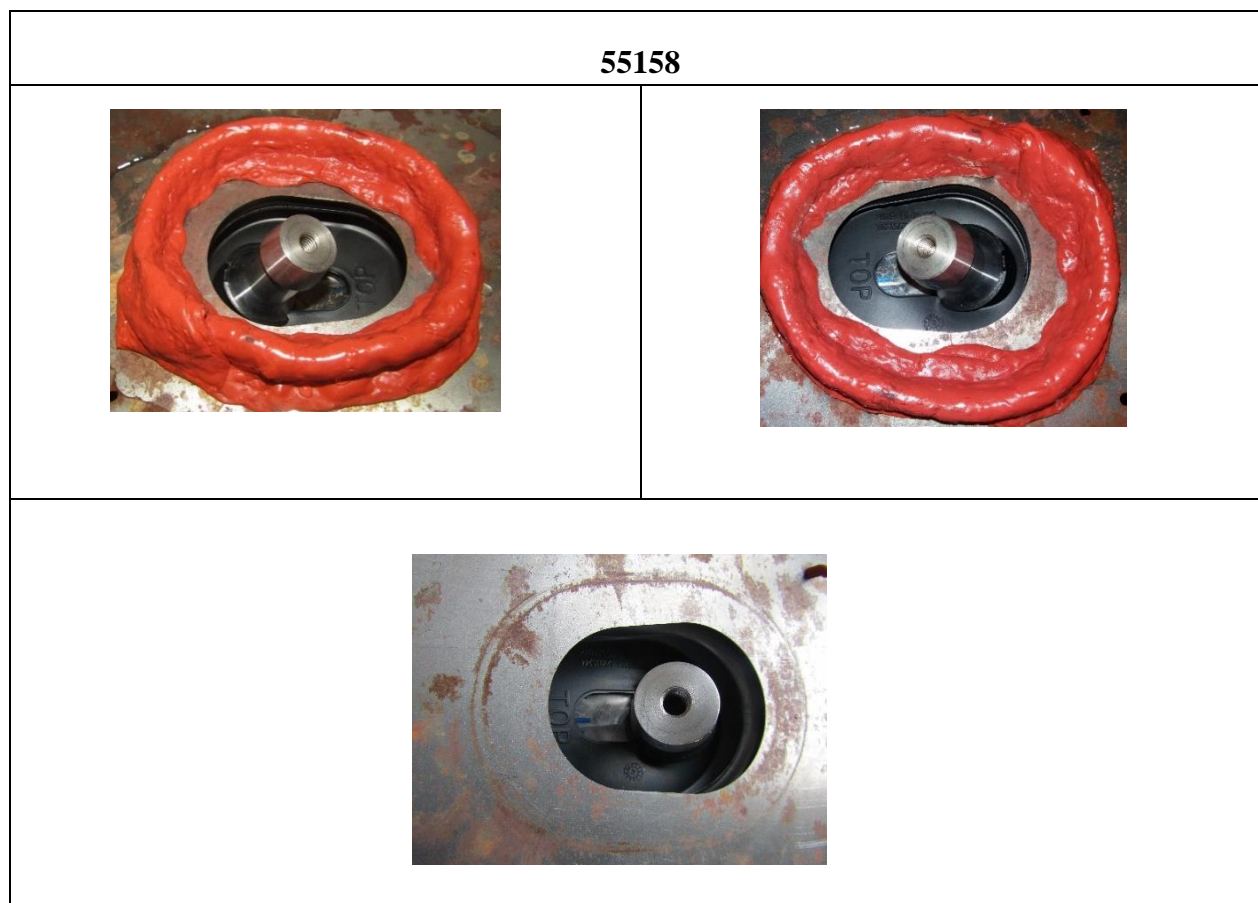
Lehenbizi aztertutako norabide hauts babeslea 63678 eskaintzakoa izan da, hurrengo 54. Irudian adierazten dena lortuz.



54.- Irudia. 63678 eskaintzako norabide hauts babeslea water submersion saiakuntzan eskaintako emaitza kualitatiboa, urez bustitako gune batekin.

Goiko 54. Irudian ikus daitekeen moduan, water submersion saiakuntza burutu ondoren piezaren barnealdea bustita ageri da urez. Hortaz ihes-gune bat duela argi dago. Ihes gune honen posizio zehatzaren lorpena pressure mapping sentsorearen bitartez saiaturko da identifikatzen, metodoa egokia den ala ez esanez.

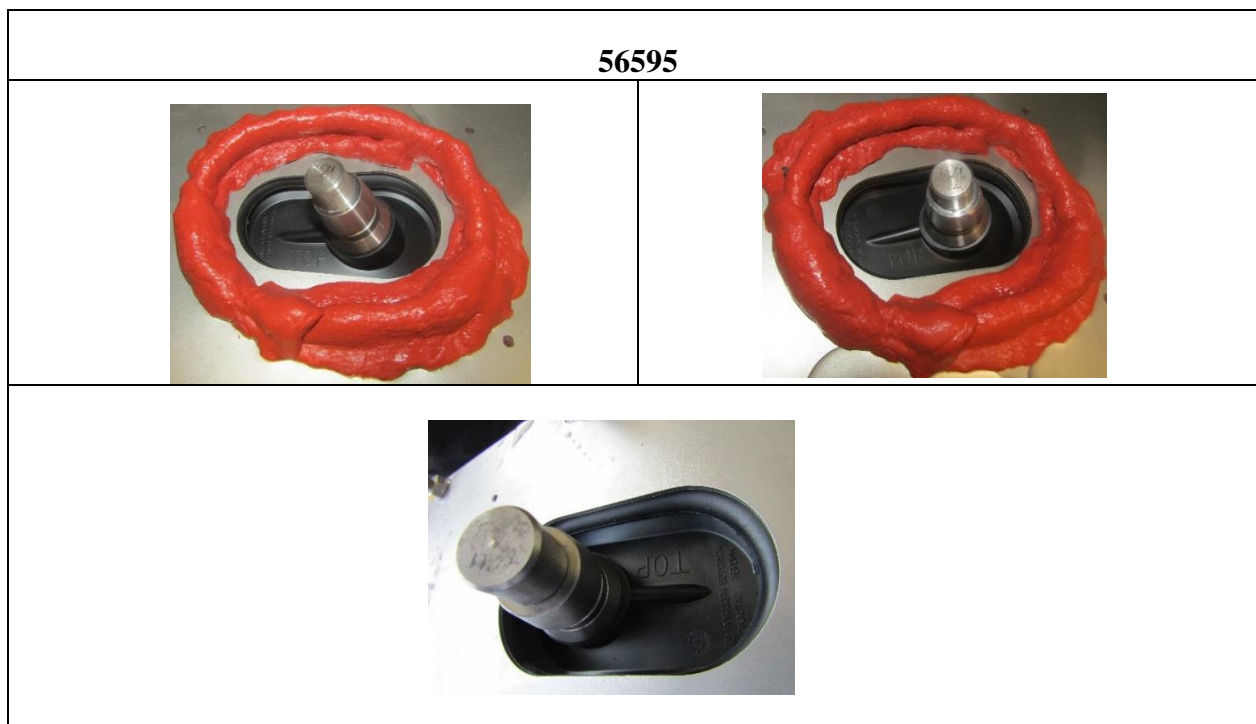
Ondoren 55158 eskaintzakoekin burutu da saiakuntza 55. Irudian ageri diren emaitzak adieraziz.



55.- Irudia. 55158 eskaintzako norabide hauts babesleak water submersion saiakuntzan eskaintako emaitza kualitatiboa.

Aurreko taulan nahiko ongi erreparatu daiteke piezaren barne aldean ez dela inolako ur tantarik ageri talka termikoak egin ondoren. Hori dela eta piezaren estankotasun egokia bermatu daiteke.

Azkenik 56595 eskaintzako piezekin burutu da entsegua. Hurrengo 56. Irudian erreparatu daitezke emaitza kualitatiboak.



56.- Irudia. 56595 eskaintzako norabide hauts babesleak water submersion saiakuntzan eskainitako emaitza kualitatiboa.

Saiakuntzan bertan ez zen inolako ur arrastorik ageri piezaren barnealdean, 56. Irudian ikusi daiketen moduan. Hau kontuan izanik ondorioztatu dezakegu ez dagoela inolako ihes-gunerik eta beraz estankotasunaren funtzioa modu egokian betetzen dela.

Emaitza esperimentalekin bukatzeko, tentsioen erlaxazioa eta pressure mapping saiakuntzetan lortutakoa azalduko da ostean.

3.2.3. Tentsioen erlaxazioa eta Pressure mapping

Norabide hauts babesleen portaera dinamikoaren azterketa burutu ondoren eta beronen helburu nagusia den estankotasun funtzioaren ondoriozko portaera aztertu da periodo baterako. Entsegu honen inguruan, esan beharra dago berria dela balioeztapen prozesuan eta beraz oraindik ez dela guztiz ondo landu. Saiakuntza honetan, indarraren bilakaerak denbora baten ostean zer nolako portaera duen ikusi da eta pieza bakoitzaren kontaktu gainazalak eskainitako presio emaitza kualitatiboak irudikatu dira.

Atal hau hiru zatitan banandu da, pieza mota bakoitzarentzako azterketa bat eginez. Eskaintza bakoitzeko tolerantzia tarteko desplazamendu bakoitzerako analisi bat egin da. Azterketa bakoitzean piezak jasandako indarra (kN) denborarekiko grafikatu da. Horrez gain, saiakuntza bakoitzaren presio maximoari dagokion aldiuneko (0s), saiakuntza erdialdeko (1000s) eta bukaerari (2500s) dagokion gainazal kontaktu presioen irudikapenak adierazi dira.

Saiakuntzarekin hasiz, aztertu den lehenbiziko pieza 63678 eskaintzakoa izan da, hurrengo datu hauek lortuz.

Jarraian azaltzen den 59. Irudian 3 mm, 8 mm eta 13 mm-ko desplazamendu konstante bakoitzerako konpresio bat aplikatu da pieza bakoitzari eta 2500 segundoz beronen aldaketa

begiztatu da. Hiru kasuetan indarra murrizten dela ikusi daiteke, betiere desplazamendua konstante mantenduz. Eragin hau kautxuan eman den tentsioen erlaxazioaren ondorioa da.

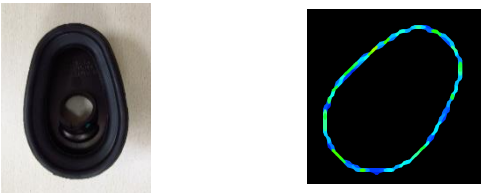


63678 piezaren tolerantzia tartea 3, 8 eta 13 mm tartekoa izanik, hiru saiakuntza burutu dira, desplazamendu bakoitzerako bana. Kasu bakoitzean hasierako desplazamendua lortzeko indar inisialaren datuak irudikatu dira, 59. Irudia, eta kontaktu azalerak gune bakoitzeko presio emaitza kualitatiboak adierazten ditu. Grafikoak aztertuz, lehenbiziko 200 segunduetan lortu da indar jaitsiera nabariena kasu guztietan, desplazamendu handieneko kasuan indar jaitsiera nabariena izanik. Fase honetan ematen da kateen irristamendua edota birkokapena, horrela tentsioen erlaxazioa emanik. Tentsio-erlaxazio hau elastomero bilakatu orduko polimeroen propietate biskoelastikoari dagokio eta erlaxazio fisiko, kimiko eta degradazio termikoagatik ematen da (Cui et al., 2012). Kasu honetan ez da azertu erlaxazio kimikoak ezta tenperaturaren ondoriozko degradazioaren eraginik, soilik erlaxazio fisikoa simulatu da. Saiakuntzan materiala deformatu da, deformazio bakoitza balio batekoa izanik, zeinek bezeroak esleitu duen. Deformazioa emanda, molekulen kateak posizioz aldatzen dira, kateen ateko irristamendua edota kateen “kiribilkapena” emanik (Oman eta Nagode, 2014).

Hasierako 200 segunduez geroztik, hurrengo 2300 segundoetan zehar indarraren bilakaerak portaera ia konstantea erakutsi du.

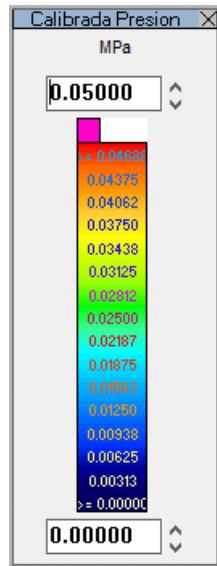
Kontaktu azalerako gune bakoitzeko presioaren emaitza kualitatiboek dagokienez, 3.Taula alegia, desplazamendu bakoitzean, saiakuntza burutu deneko denbora tartean, ez da aldaketa nabaririk behatu. Halaber, desplazamendu ezberdinak beraien artean alderatuz, 3.Taulako emaitza kualitatiboak, desplazamendua handitu den heinean hasierako konpresioa ere handiagoa izan da, horrela sensorearekin kontaktua duen piezaren azalera handiagoa izanik eta presio balio ezberdinak adierazten dituzten kolore ugariago lortuz (kolore eskala bat dago, bakoitzak presio balio bat adieraziz mega paskal unitateetan). Eskala honetan, 58. Irudia, urdinetik hasita, presio minimoa adierazten duen kolorea alegia, gorri edota larroxa koloreraino, presio maximoa adierazten duena, bereiz daitezke.

Jarraian, sensore hau erabili deneko helburu nagusia den ihes-guneen identifikazioari dagozkion emaitzak azalduko dira. 63678 eskaintzako pieza honi ihes-gune bat identifikatu zaio water submersion saiakuntzaren ondoren. Entsegu honetan lortutako emaitza kualitatiboak erreparatuz, zeintzuk 60. Irudian ikus daitezkeen, ondorioztatu da nola sensoreak emandako emaitzak ez datozela bat water submersionean lortutakoarekin, izan ere kontaktu azalera osoan ez da ageri presiorik gabeko gunerik, horrela ihes-guneen identifikaziorako metodo hau baztertuz.

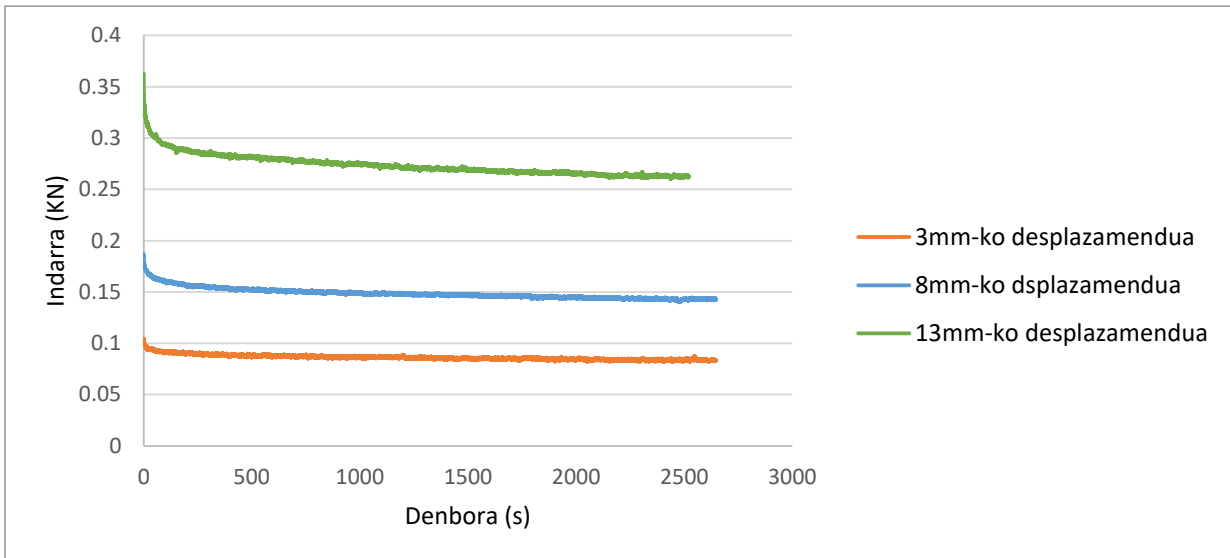
Hurrengo azaltzen den 57. Irudian, pressure mapping-ean pieza bakoitzaren kontaktu gainazala nondik begiratu behar den irudikatzen da. Pieza azpiko aldetik begiratuta ikusten den gainazala izango da pressure mapping-eko emaitza kualitatiboetan adierazten den irudiari dagokiona. 58. Irudian berriz pressure mapping saiakuntzarako erabilitako eskalari dagokio.

Piezaren identifikazioa	Emaitza kualitatiboak piezaren kontaktu azalera nondik begiratu erlazionatzeko
63678	
55158	
56595	

57.- Irudia. Pieza bakoitzaren emaitza kualitatibo bat piezaren kontaktu azalera nondik begiratu behar den erlazionatzeko irudia.



58.- Irudia. Pressure mapping saiakuntzan lortutako emaitza kualitatiboak erlazionatzeko eskala.

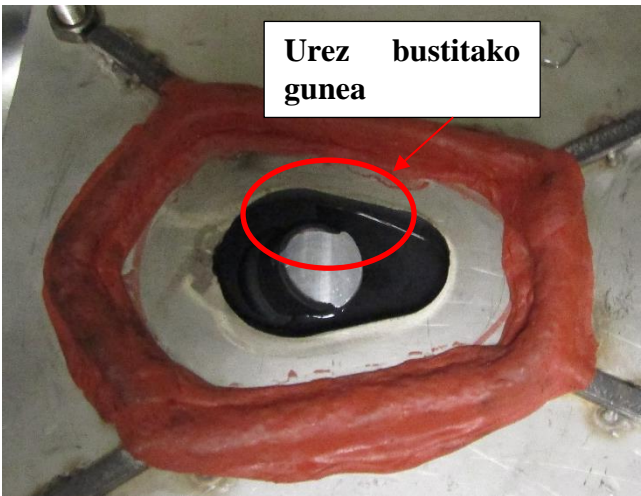
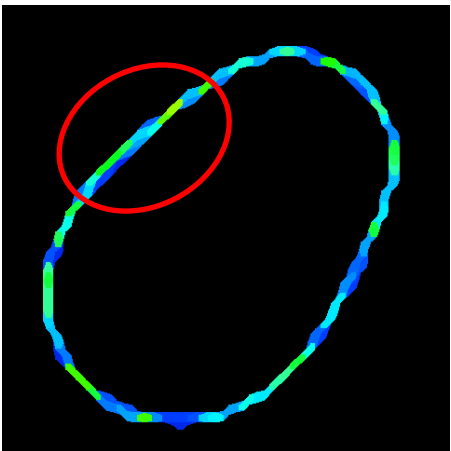


59.- Irudia. 63678 piezak 3 mm, 8 mm eta 13 mm-ko desplazamendua lortzeko erakusten duen indar jaitziera.

3.Taula. 3, 8 eta 13 mm-ko kasuetarako 0, 1000 eta 2500 segunduetako emaitza kualitatiboak.

Kasuak	ALDIUNEA (s)		
	0	1000	2500
3mm-tarako			
8mm-tarako			
13mm-tarako			

Hurrengo 60. Irudian water submersionean eta pressure mapping-ean lortutako emaitza kualitatiboak alderatzen dira, bi saiakuntzetan lortutako emaitzak bat ez datozela ikusteko. Horretarako konpresio minimoari dagokion hasierako aldiuneko irudia aukeratu da, izan ere egoera hau baita desplazamendu kritikoari dagokiona, hau da, konpresio minimoko egoera denez, beronek baldintzatuko du urik sartuko den ala ez pieza barnera. Baldin eta konpresio minimoko egoeran urik ez bada sartzen, gainontzeko konpresio altuagoetan ez da urik sartuko. Kasu honetan konpresio minimoak 3mm desplazatu den aldiuneari egiten dio erreferentzia. Ura sartu deneko alderdian ez da inolako presio gabeziarik ikusten (borobil gorria). Beraz sensorearen erabilera ez da izan funtzionala bere helburuari dagokionez, ihes-guneen identifikazioa burutzea.

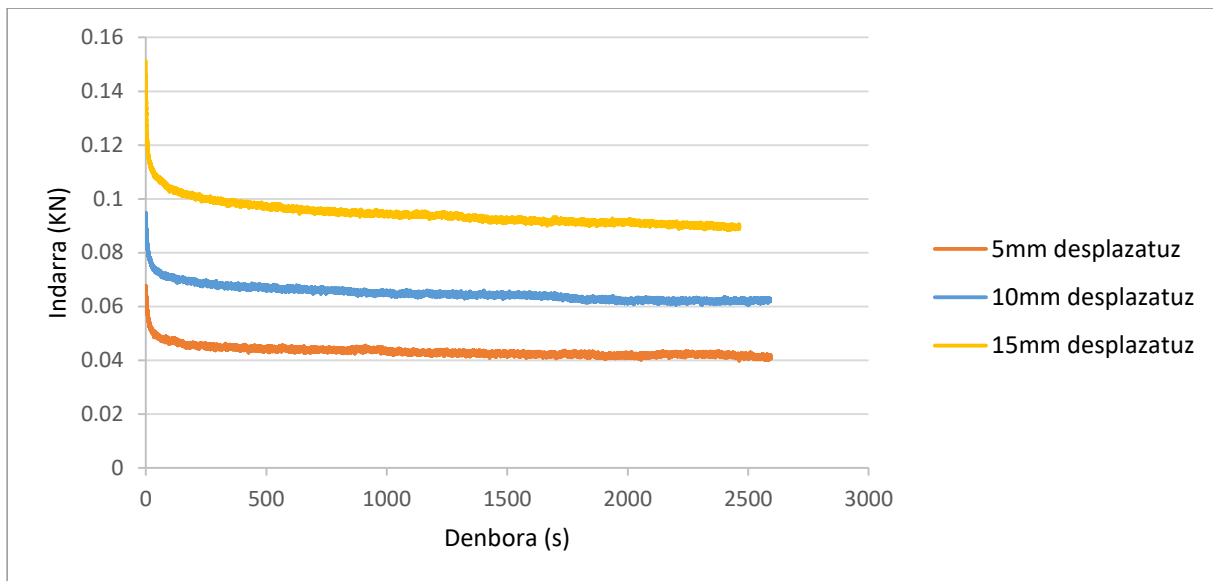
Water Submersion	Pressure mapping
	

60.- Irudia. 63678 pieza water submersion eta pressure mapping saiakuntzetan lortutako emaitza kualitatiboen aldarapena.

Hurrengo analizatu den norabide hauts babeslea 55158 eskaintza zenbakiduna izan da. Kasu honetan piezaren tolerantzia tartea 5, 10, 15 mm tartekoa izanik. Hori dela eta hiru saiakuntza burutu dira, desplazamendu bakoitzerako bana. Aurreko eskaintzako objektuarekin egindako prozedura bera errepikatu da, konpresio bat aplikatuz 2500 segundoz. Horrela kautxuzko materialak kontsigna puntuko desplazamendu bera mantentzeko indarraren bilakaera neurtuko da, aldi berean kontaktu gainazalak egindako presioaren emaitza kualitatiboak lortuz. Kontaktu azalerak eragindako presioaren irudiak hiru aldiune ezberdinetan hartu dira, bata hasieran, bestea saiakuntzaren erdi aldetik eta azkena saiakuntza amaitzean. Hurrengo 61. Irudian 5, 10

eta 15 mm-ko hasierako desplazamenduak ezarri ondoren (saiakuntza bakoitzeko desplazamendu bat) indarraren bilakaera atzeman daiteke.

Emitza kuantitatiboei dagokienez, aurreko kasuan lortutako joera bera eman dela esan daiteke, zein 61. Irudian erreparatu daitekeen, indar aldaketa nabariena desplazamendu handienerako eman baita. Emitza kualitatiboekin aldiz, 4. Taula, esan beharra dago 5mm desplazatu den kasuetan gune batzuetan ez dela presiorik nabaritzen. Irudi honekin ihes-gune bat identifikatu daiteke, baina water submersion saiakuntza eginda frogatu da ezetz. Suposatu daiteke norabide hauts babeslea autoan kokatzerako orduan airea gelditzen dela pieza barnean. Hori dela eta presiorik atzematen ez den gune hori airez betetzen dela jo da, ihes guneak saihestuz. Bitxia da 15mm-ko desplazamendua lortu arren ere presioa atzematen ez diren guneak ikusten direla emaitzetan, 4. Taula. Hala ere bere funtzionalitatea ondo betetzen dela ziurtatu da water submersion saiakuntzan.


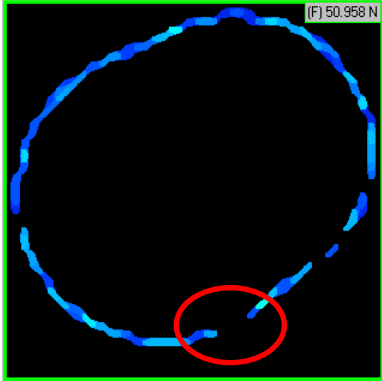


61.- Irudia. 55158 eskaintzako piezari 5, 10, 15 mm-ko hasierako desplazamenduak ezarriz denboran zehar indarrak zer nolako bilakaera izan duen adierazten duen grafika.

4.Taula. 5, 10 eta 15mm-ko kasuentzat 0, 1000 eta 2500 segunduetako emaitza kualitatiboak.

Kasuak	ALDIUNEA (s)		
	0	1000	2500
5mm-tarako			
10mm-tarako			
15mm-tarako			

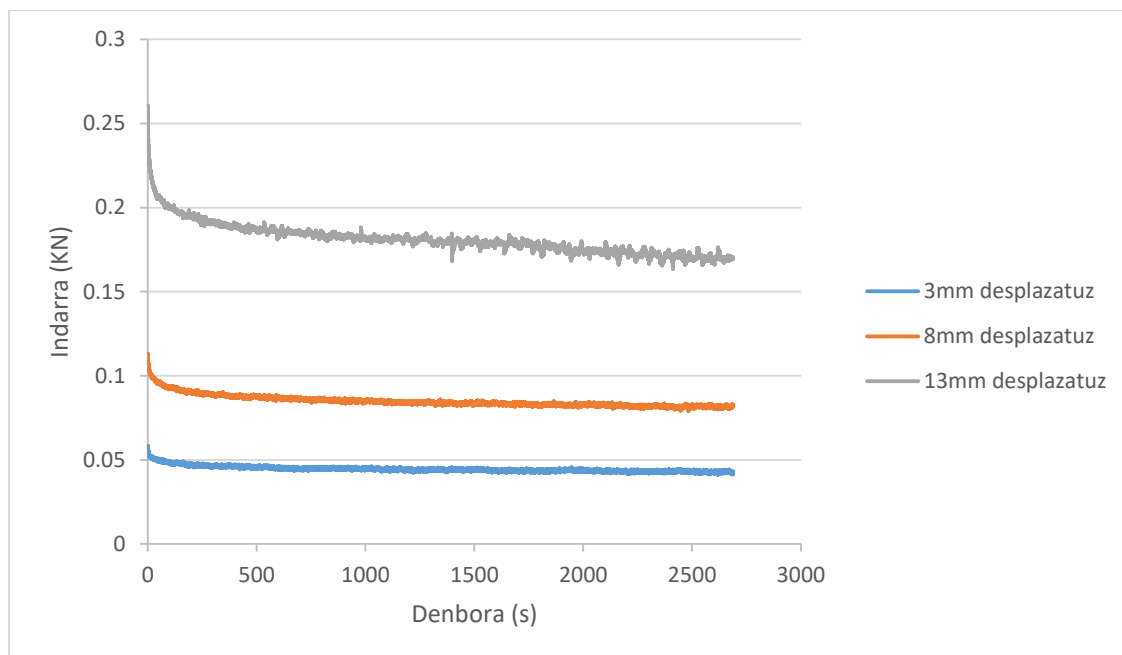
Jarraian azaltzen den 62. Irudian, aurreko norabide hauts babeslearekin egin den moduan, bi saiakuntza ezberdinetako emaitza kualitatiboak alderatu dira. Kasu honetan water submersion saiakuntzan ez da inolako ur arrastorik ageri piezaren barneko aldean, 62. Irudia, 63678-rekin ez bezala. Pressure mapping saiakuntzan aldiz presiorik gabeko gune batzuen identifikazioa eman da (irudiko borobil gorriak presio gabeko gune bati egiten dio erreferentzia). Hortaz lortutako emaitza biak ez datoz bat.

Water Submersion	Pressure mapping
	

62.- Irudia. 55158 piezarentzat Water submersion eta Pressure mapping saiakuntzetan lortutako emaitza kualitatiboaren aldarapena.

Azkenik aztertu den pieza 56595 eskaintzakoa izan da. Kasu honetan 63678 motan bezala, 3,8,13 mm-ko hasierako desplazamenduak lortzeko behar adina konpresio ezarri ondoren, indarra nola aldatzen den ikusi da denboran zehar. Gainera Pressure mapping sentsoarean duen kontaktu gainazalak guneko presio baloreen emaitza kualitatiboak bildu ditu, zer nolako bilakaera eman duen ikusteko. Jarraian azaltzen den 63. Irudian hasierako 3,8,13-mm-ko desplazamenduak lortzeko konpresioa ezarri ondoren denboran zehar desplazamendua konstante mantenduz indarra nola aldatzen joan den ikusi daiteke.

56595 eskaintzako piezarekin ere 55158-rekin lortutako joera berak erreparatu dira. Bai emaitza kuantitatiboetan eta kualitatiboetan bilakaeran, zeintzuk 63. Irudian eta 5. Taulan ikusi daitezkeen. Alabaina, aipatzekoa da desplazamendu maximoa eman deneko kasuan kontaktu azalera osoan atzeman dela presioa. Kasu honetan ere water submersion saiakuntzaren bitartez ez da inolako ihes-gunerik identifikatu, 64. Irudia, piezaren funtzionalitate egokia bermatuz. Alabaina Pressure mapping sentsoarearen arabera konpresio baxuetarako zenbait guneeetan presio gabeko hutsuneak daudela irudikatzen du. Hortaz saiakuntza bietan lortutako emaitzak ez datoz bat. Oraingo honetan ere pieza autoan kokatzerakoan airea sartzen dela suposatuta daiteke, horrela presiorik atzematen ez den gune horiek betez eta ihes-guneak ekidinez.


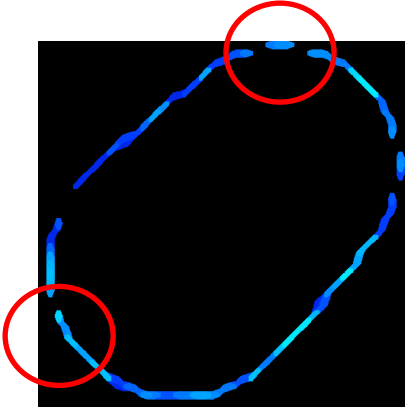


63.Irudia. 56595 piezak 3 mm, 8 mm eta 13 mm-ko desplazamendua lortzeko piezak erakusten duen indar jaitsiera.

5.Taula. 3, 8 eta 13mm-ko kasuentzat 0, 1000 eta 2500 segunduetako emaitza kualitatiboak.

Kasuak	ALDIUNEA (s)		
	0	1000	2500
3mm-tarako			
8mm-tarako			
13mm-tarako			

Hurrengo irudian, aurreko bi norabide hauts babeslearekin egin den moduan, bi saiakuntza ezberdinetako emaitza kualitatiboak alderatu dira. Kasu honetan water submersion saiakuntzan ez da inolako ur arrastorik ageri piezaren barneko aldean. Pressure mapping saiakuntzan aldiz presiorik gabeko gune batzuen identifikazioa eman da (borobil gorriak). Beraz, sentsorea ez da baliagarria izan ihes-guneen identifikaziorako

Water Submersion	Pressure mapping
	

64.Irudia. 56595 piezarentzat Water submersion eta Pressure mapping saiakuntzetan lortutako emaitza kualitatiboen aldarapena.

Norabide hauts babesleak balioeztatzeko saiakuntzak eta karakterizaziorako parametroak eskuratu ondoren, lortutako emaitzekin zer ondorioztatu daitekeen aztertuko da hurrengo atalean.

4. ONDORIOAK

Norabide hauts babesleen funtzio nagusia autoaren bolantearen ardatzera ura eta partikula arrotzen sarbidea galaraztea da nagusiki, horrela bolantearen ardatzaren funtzio eza ekiditeko. Piezak EPDM-zkoak dira, material honek norabide hauts babeslearen funtzionalitaterako aurkezten dituen propietate egokiak direla eta, hala nola tenperatura altuekiko erresistentzia, ozonoak eragin dezakeen erasoan aurkako erresistentzia eta malgutasuna. Gainera material merkea da kostu eta fabrikazio aldetik.

Aztertu diren pieza motak sufre edota peroxido bidezko bulkanizaziotik lortutako kautxuarekin fabrikatu dira. Sufre bidezko bulkanizazio bidez lortu den pieza termikoki ezegonkorragoa izango da peroxidoz bulkanizatutakoa baino, izan ere aktibazio energia gutxiago behar baita C-S_n-C lotura apurtzeko C-C lotura apurtzeko baino. Hori dela eta, peroxido bidez lortutako kautxuak tenperatura altuagoak jasango ditu, 150-190 °C. Sufre bidezko erretikulazioan lortutakoak aldiz 125-150 °C ingurukoak. Hau 41-44. Irudietan ikusi daiteke, 168 orduz 125 °C-tan zaharkitze prozesuaren ostean, sufre bidez erretikulatuta lortu den piezak jasan dezakeen deformazioa nabarmen murrizten baita zaharkitu gabekoarekin alderatuz. Gainera, zaharkitze

prozesuaren ondoren hauskorragoa bilakatuko da. Hori dela eta esfortzu handiagoa behar izango da materiala hausteko, baina izango duen deformazioa txikia izango da. Peroxidozko sareketaren bidez lortutako kautxuak berriz, temperatura altuekiko duen erresistentzia dela eta, ez du aldaketa nabaririk atzeman zaharkitze prozesuaren ondoren (beti ere beronek jasan dezakeen temperatura maximoen azpitik egonez gero). Zaharkitu aurreko deformatzeko gaitasunari dagokionez, 6EP42-I-k 35EP45-IVPrekin alderatuz deformazio handiagoa jasateko gai izango da, S_n kateen malgutasunari esker. Hori dela eta trakzio saiakuntzan esfortzu eta deformazio handiagoak beharko dira materiala haustura puntura heltzeko. Materialaren gogortasunari dagokionez, ez da bulkanizazioa burutu den prozesuaren menpekoa, hasierako polimero nahastean gehitzen den ikatz beltzaren kopuruaren arabera baizik. Norberak kontrolatu dezake materialak zer nolako gogortasuna izatea nahi den. Karakterizazioan lortutako emaitzak eta piezak autoan duen funtzionalitatea eta posizioa kontuan izanik, jasan dezaketen temperatura egokia izango da, izan ere autoan kokatzen den gunean ez baitute temperatura altuegia jasan behar. Deformatzeko gaitasun egokia aurkezten dute eta gogortasunari dagokionez 45-40 ShA-ko balioak lortu dira, ez hain gogorra ez hain biguna den materiala lortuz.

Piezek bere funtzionalitate egokia betetzen dutela bermatzeko lau saiakuntza burutu dira (bi saiakuntza batera egin dira), karga-deformazioa, water submersion eta tentsioen erlaxazioa pressure mapping-arekin batera.

Lehenbizi burutu den prozesuan hiru motatako bina piezei karga zikloak ezarri zaizkie, bere portaera dinamikoaren berri emateko. Egia da autoan duen funtzionalitatearekin ez datorrela bat saiakuntza hau, izan ere ez baitu portaera dinamikoa erakusten, estanko baitago. Honekin duela gutxi ohartu ziren Cikatek ikerkuntza zentroko kideak, baina bezeroak saiakuntza honetan lortutako emaitzak eskatzen dituen, saiakuntza egiten jarraitzen da. Aurrez aipatu bezala, piezei karga zikloak ezartzen zaizkie, lehenbizi hiru preziklo eta ondoren beste ziklo bat (azken ziklo honetako emaitzak izango dira interesekoak). Arau hau *3+1 Norma*-ren arabera egiten da, izan ere kautxu bati zenbait ziklo ezarri ondoren portaera bera erakutsiko du (ziklo ugari ezartzen ez badira behintzat, kasu honetan ez litzateke karga-deformazio saiakuntza kontsideratuko, neke saiakuntza baizik) erlaxatuta aurkitzen deneko egoera lortuz Kautxua biguntzearen fenomeno hau Mullins-ek definitu zuen, eta zenbait autorek kateen irristamendua, lotura ahulen eta ondoren sendagoen apurketa etab dela eta ematen dela aipatu da. Lortutako emaitzetan *3+1 Norma* bete dela ikusi da, 45 eta 52. Irudiak. Karga zikloa ezarri eta kendu den aldiune bakoitzean piezek ez dute behar adina denbora izan beraien hasierako egoera guztiz berreskuratzeko. Hori dela eta piezek altuera txikiagoa izan dute ziklo bakoitzean, horrela deformazio berdinarantz lortzeko indar gehiago erabili behar izanez. Orobat, kasu guztietarako 4.zikloari dagokion kurbadura tolerantzia tartearen barruan aurkitzen dela ikusi daiteke, 45,46,48,49,51 eta 52.Irudiak. Beraz lortutako emaitzak zuzenak direla aipatu daiteke. Honez gain, grafiketan lortutako kurbadura aldaketak tolesduren ondorio direla esan daiteke. Hau ezin daiteke zehaztu, izan ere lan honetan ez baita aztertu piezen geometriak duen eragina.

Azkenik, water submersion eta pressure mapping saiakuntzetan lortutako emaitzek erlazioz ez dutela izan beraien artean aipatu beharra dago. Pressure mapping sentsoreak saiakuntza honetan zeukan helburua piezen kontaktu gainazaleko presio ezberdintasunak detektatzea izan da, ihes-gunereren baten identifikazio zehatza egiteko. Water submersion bidez lortutako emaitzetan 63678 piezan ihes gunea identifikatu da, gainontzeko bi motetan, 55158 eta 56595, aldiz ez. Pressure mapping-ean berriz, alderantzizko emaitzak lortu dira. 55158 eta 56595 eskaintza zenbakidun piezen emaitza kualitatiboetan hutsuneak agertzearen arrazoia eta ondoren water submersion saiakuntzaren ondoren piezaren barnean ezelako ur arrastorik ez egotearen arrazoia pieza kokatzerako orduan hutsunea aurkitzen den gunean airea sartzea izan daiteke. Tentsioen

erlaxazioari dagokion saiakuntzaren inguruan, esan beharra dago entsegu mota hau berria dela balioeztapan prozesuan. Pieza konpresio egoera batean aurkitzen da estankotasuna eginez. Kautxuaren propietateak direla eta, denboran zehar pieza erlaxatuz joango da, eta hori simulatu da saiakuntza honetan. Hiru konpresio desberdinetarako egin da saiakuntza, tolerantzia tartea bezela kontsideratzen dena. Tolerantzia tarte honek pieza autoan kokatzen denean zer nolako desplazamendu tartearen barnean lan egingo duen determinatzen du. Hortik dator saiakuntza hiru konpresio desberdinetan egitearen arrazoia. Behatutako emaitzetan, konpresio bakoitzean denboran zehar, begi bistakoa da ez dela presio aldaketa gehiegirik nabaritzen. Aldiz konpresio ezberdinak beraien artean alderatuz, emaitza kualitatiboetan aldaketa nabarmenak ikusi daitezke. Konpresioa zenbat eta handiagoa izan, piezak sentsorean duen kontaktu azalera ere handiagoa izan da, presio gehiago antzemanez. Saiakuntza honetan neurtu den indarra pieza osoak egindako indar absolutuari egiten dio erreferentzia eta kasu guztietan nabaritu da lehenbiziko 200 s-etan indar jaitsiera nabarmenena, konpresio maximoko kasuan gehien batez ere. Fenomeno hau kautxuak aurkezten duen alderdi biskoelastikoaren ondorioz ematen da.

Laburbiltzeko, EPDM-zko norabide hauts babesleen artetik 63678 eskaintza zenbakidunak ez du bere funtzioa zuzen beteko, izan ere ihes-gune bat identifikatu baitzaio. Gainontzeko 55158 eta 56595 piezek balioeztapan saiakuntzak modu egokian bete dituzte, bere funtzionalitate egokia erakutsiz. Horrenbestez pressure mapping sentsorea ez da baliabide egokia izan ihes-guneen identifikaziorako, baina objektuen baten kontaktu azalera guztiko guneen presioak kalkulatzeko tresna egokia izan daiteke.

5. BIBLIOGRAFIA

Beltrán, M., Marcilla, A., 2012. Estructura y propiedades de los polímeros. Tecnol. polímeros procesado y propiedades 25.

Brown, R.P., 1996. Physical Testing of Rubber.

Carraher Jr, C.E., 2017. Polymer Chemistry, 4. ed.

Cui, T., Chao, Y.J., Van Zee, J.W., 2012. Stress relaxation behavior of EPDM seals in polymer electrolyte membrane fuel cell environment. *Int. J. Hydrogen Energy* 37, 13478–13483.

Diani, J., Fayolle, B., Gilormini, P., 2009. A review on the Mullins effect. *Eur. Polym. J.* 45, 601–612.

Fernandez Torres, A., 2010. Vulcanización de elastómeros con peróxidos orgánicos.

Gent, A.N., 2012. Engineering with Rubber.

Hofmann, W., 1989. Rubber Technology handbook.

Koltzenburg, S., Maskos, M., Nuyken, O., 2015. Polymer Chemistry.

Oman, S., Nagode, M., 2014. Observation of the relation between uniaxial creep and stress relaxation of filled rubber. *Mater. Des.* 60, 451–457.

Peacock, A.J., Calhoun, A., 2006. Polymer chemistry: properties and applications, Choice Reviews Online.

Vidal de Cárcer, M., 1984. Cauchos y elastómeros.

Winspear, G.G., 1968. The Vanderbilt Rubber Handbook.




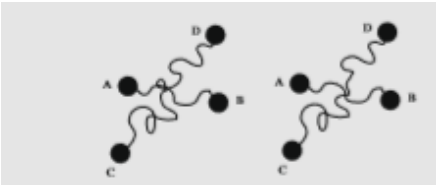
6. NOMENKLATURA

AB	Tarte elastikoarentzako identifikazioa
Δl	Luzera diferentzia (mm)
BC	Isurpen mugarentzako identifikazioa
BR	Butadienoa
C	Karbonoa
C-C	Karbono karbono lotura
CE	Tarte plastikoarentzako identifikazioa
CD	Haustura mugaren tartea
C-Sn-C	Karbono -n sufre – karbono katea
D	Haustura puntuari dagokion identifikazioa
DE	Haustura tartearen identifikazioa
ε	Deformazioa
E	Elastikotasun modulua edota Young-en modulua, (Kg/mm ²)
EPDM	Etilen propilen dienoa
g/cm ³	Dentsitatea neurtzeko erabilitako unitatea
h	Orduak adierazteko unitatea
KN	Indarra Kilo Newtonetan
l_0	Probetaren markatutako bi puntuen arteko hasierako distantzia (mm)
m/s	Abiadura
N	Indarra Newtonetan
NR	Kautxu Naturala
PE	Polietilenoa
PP	Polipropilenoa
PS	Poliestirenoa
PVC	Poli(kloruro biniloa)
S_0	Probetaren zeharkako azalera (mm ²)

S_n	n sufrezko katea
ShA	Gogortasuna neurtu deneko unitatea
SBR	Estireno butadienoa
T_c	Kristaltze temperatura ($^{\circ}\text{C}$)
T_g	Beira-trantsizio temperatura ($^{\circ}\text{C}$)
T_m	Fusio temperatura ($^{\circ}\text{C}$)
σ	Tentsioa (Kg/mm^2)
δ	Desfase angelua, $^{\circ}$
τ	Zama (MPa)
γ	Deformazioa edota luzapena (mm)
35EP45-IVP	Peroxido bidez bulkanizatutako materialaren identifikazioa
6EP42-I	Sufre bidez bulkanizatutako materialaren identifikazioa

7. ANEXO A




6.- Taula. Mullins efektua aztertu duten autoreen arabera jatorri posibleak eta bakoitzari dagokion irudikapen grafikoa.

Mullins Efektuaren jatorri posibleak	Irudikapen grafikoa
Loturen apurketa	 <p>The diagram illustrates two scenarios for the Mullins effect. On the left, a network of polymer chains is shown with two black dots representing cross-links. One of the chains between these dots is highlighted in red. On the right, the same network is shown, but the highlighted chain has been removed, representing bond rupture.</p>
Molekulen irristaketa	 <p>The diagram shows two stages of molecular rearrangement. On the left, a network of polymer chains has three cross-links labeled A, B, and C. On the right, the same network is shown, but the cross-links have shifted positions, indicating that the chains have rearranged.</p>
Kargen (Negro de humo) apurketa	 <p>The diagram illustrates the rupture of carbon black aggregates. On the left, a network of polymer chains is shown with several clusters of black dots representing carbon black aggregates. On the right, some of these aggregates have been removed from the network, representing their rupture.</p>
Elkargurutzaketen apurketa	 <p>The diagram shows two stages of cross-link rupture. On the left, a network of polymer chains has four cross-links labeled A, B, C, and D. On the right, the same network is shown, but cross-links A and B have been removed, representing their rupture.</p>







7.- Taula. Apolarrak diren zenbait polimeroen propietateak eta aplikazioak

Izena	Laburd- ura	T max (°C)	Tg (°C)	Ezaugarri mekanikoak	O ₃	Ura eta izotz- kontrakoarekin bateragarria	Oliotan eta fueletan bateragarria	Gogortasuna (ShA)	Erabilerak
Kautxu Naturala	NR	75-100	-72	Oso onak	Moderatua	Ez	Bai	30-80	Gurpilgintz- an, oinetakoak, uhaleria
Estireno Butadienoa	SBR	80-110	-50	Onak	Moderatua	Ez	Bai	30-80	Gurpilgintz- an, oinetakoak, itsasgarriak, kableen estalkigintz- an
Polibutadienoa	BR	80-110	-112	Onak	Moderatua	Ez	Bai	30-80	Gurpilgintz- an, mahuken fabrikazioan
Etilen Propilen Dienoa (sufirea)	EPDM (sufirea)	125-150	-55	Onak	Oso ona	Ez	Bai	25-80	Norabide hauts babesleak, aire hodiak
Etilen Propilen Dienoa (peroxidoa)	EPDM (peroxidoa)	150-190	-55	Onak	Oso ona	Ez	Bai	25-80	Norabide hauts babesleak

8.- Taula. Karga-deformazioa burutu deneko baldintzak.

Piezaren identifikazioa	Temperatura (°C)	Zelularen karga (N)	Abiadura (m/s)	Erabilitako utilajea
63678	23	2500	12	 A small, oval-shaped metal piece with two circular indentations on its top surface. The number '63678' is printed on the bottom surface.
55158	23	2500	12	 A small, circular metal piece with two circular indentations on its top surface.
56595	23	2500	12	 A small, oval-shaped metal piece with two circular indentations on its top surface.




9.- Taula. Karga-deformazioa burutzeko erabili diren tresnak.

Piezaren identifikazioa	Erabilitako utilajea	Platertxo	Euskarria
63678			
55158			
56595			

10.- Taula. Water submersion saiakuntza burutu deneko baldintzak.

Piezaren identifikazioa	Bero ganbarako Temperatura (°C)	Hotz ganbarako Temperatura tartea (°C)
63678	150	0-5
55158	150	0-5
56595	150	0-5

11.- Taula. Tentsioen erlaxazioa eta Pressure mapping-a burutu deneko baldintzak, desplazamendu tartek eta pieza bakoitzarentzak erabilitako utilajeak.

Piezaren identifikazioa	Temperatura (°C)	Desplazamenduak (mm)	Erabilitako utilajea
63678	23	3	
		8	
		13	
55158	23	5	
		10	
		15	
56595	23	3	
		8	
		13	

