

Treball final de grau

Estudi: Grau en Enginyeria en Tecnologies Industrials

Títol: Estudi de l'efecte de diferents tipus de crepines en la caiguda de pressió de filtre de sorra

Document: Memòria

Alumne: Adrian Vegas Milena

Tutor: Toni Pujol Sagaró

Departament: Enginyeria Mecànica i de la Construcció Industrial

Àrea: Mecànica de Fluids

Convocatòria (mes/any) Juny/2020

ÍNDEX

Índex	I
Índex de figures	II
Índex de taules	IV
1 Introducció	7
1.1 Antecedents	7
1.2 Objecte	8
1.3 Abast	8
2 Estructura del document	9
3 Filtres de sorra	13
3.1 Introducció	13
3.2 Casos estudiats	16
3.2.1 Braços col·lectors	17
3.2.2 Crepines troncocòniques	20
3.2.3 Filtre en estrella	24
4 Model de simulació	27
4.1 Introducció	27
4.2 Configuració del model	27
4.2.1 Mallat	27
4.2.2 Configuració del solver	34
4.2.3 Mètode de resolució	39
4.2.4 Tractament de dades	41
4.3 Validació	45
5 Resultats i discussió	47
5.1 Pèrdua de càrrega del filtre	47
5.1.1 Filtració amb sorra a 30 cm	47
5.1.2 Filtració amb sorra a 16 cm	48
5.1.3 Mode de filtració sense sorra	50
5.1.4 Mode a contrarentat	52

5.1.5	Discussió pèrdua de càrrega total.....	54
5.2	Velocitats i pressions en els filtres	58
6	Resum del pressupost.....	71
7	Conclusions	73
8	Relació dels documents	75
9	Bibliografia	77
	Annex a. geometries.....	79
	Annex b. mallat.....	99

ÍNDIX DE FIGURES

Figura 1:	Tall al mig d'un model de filtre creat per realitzar les simulacions. Model T16...	10
Figura 2:	Procés de filtració superficial. (GUNT HAMBURG, 2020)	13
Figura 3:	Filtració profunda. (GUNT HAMBURG, 2020).....	14
Figura 4:	Operacions característiques d'un filtre de sorra en funcionament. A la part superior en l'estat convencional de filtració i a la part inferior en el procés de contrarentat. (IAGUA, 2020)	15
Figura 5:	Filtre de sorra de la companyia Lama (LAMA,2020)	16
Figura 6:	Model de filtre creat per a realitzar les diferents simulacions basat en el filtre comercial FA1M de l'empresa Lama. (Elaboració pròpia).	17
Figura 7:	Model de braços col·lectors (B1) amb braços igualment separats 60 mm. (Elaboració pròpia).....	18
Figura 8:	Model de braços col·lectors (B2) amb braços amb separació variable per cobrir una mateixa àrea superficial (Elaboració pròpia).	19
Figura 9:	Model de filtre amb crepines troncocòniques (T17A). (Elaboració pròpia).	23
Figura 10:	Model de filtre amb braços en estrella amb filtració concèntrica (E1). (Elaboració pròpia).	24
Figura 11:	Model de filtre amb braços en estrella (E2). (Elaboració pròpia).	25
Figura 12:	Mallat amb 18 milions d'elements.....	28
Figura 13:	Detall de superfícies de la crepina i de la sorra. (Elaboració pròpia).....	29
Figura 14:	Rang de valors i valoració de la mètrica de malla	31
Figura 15:	Representació de l'obtenció de la relació d'aspecte dels mallats.....	32
Figura 16:	Caiguda de pressió per al model T17B amb diferents malles.	33
Figura 17:	Vista general de l'arbre de configuració del model.....	35
Figura 18:	Vista de la configuració general del Setup.....	35

Estudi de l'efecte de diferents tipus de crepines en la caiguda de pressió de filtre de sorra

Figura 19: Característiques de la sorra.	36
Figura 20: Condicions de contorn de les superfícies.....	37
Figura 21: Mètodes de càlcul.	38
Figura 22: Creació de les variables a estudi.....	38
Figura 23: Monitor de residualitat de les variables.....	39
Figura 24: Definició dels paràmetres d'execució.....	39
Figura 25: Cabal màssic a la sortida del filtre T17B en condicions de velocitat = 1,275m/s a la sortida i llit de sorra de 30 cm. (Elaboració pròpia).	42
Figura 26: Cabal màssic a l'entrada del filtre T17B en condicions de velocitat = 1,275 m/s a la sortida i llit de sorra de 30 cm. (Elaboració pròpia).	42
Figura 27: Pressió a la sortida del filtre T17B en condicions de velocitat = 1,275 m/s a la sortida i llit de sorra de 30 cm. (Elaboració pròpia).	43
Figura 28: Pressió a l'entrada del filtre T17B en condicions de velocitat = 1,275 m/s a l'entrada i llit de sorra de 30 cm. (Elaboració pròpia).	43
Figura 29: Darreres 150 iteracions dels valors de pressió a la sortida del filtre de la figura 19 (Elaboració pròpia).....	44
Figura 30: Darreres 150 iteracions dels valors de pressió a l'entrada del filtre de la figura 20 (Elaboració pròpia).....	44
Figura 31: Comparativa de caiguda de pressió entre model experimental i simulació CFD per a la configuració de l'ANSYS-Fluent utilitzada en el present estudi (Pujol et al., 2020)..	45
Figura 32: Caiguda de pressió total per a cada filtre en condicions de cabal de 12 m ³ /h i 30 cm de sorra.	47
Figura 33: Caiguda de pressió total per a cada filtre en condicions de cabal de 6 m ³ /h i 30 cm de sorra.	48
Figura 34: Caiguda de pressió total per a cada filtre en condicions de cabal de 12 m ³ /h i 16,3 cm de sorra.	49
Figura 35: Caiguda de pressió total a cada filtre en condicions de cabal de 6 m ³ /h i 16,3 cm de sorra.	50
Figura 36: Caiguda de pressió total a cada filtre en condicions de cabal de 12 m ³ /h i sense sorra.....	51
Figura 37: Caiguda de pressió total per a cada filtre en condicions de cabal de 6 m ³ /h i sense sorra.....	52
Figura 38: Caiguda de pressió total a cada filtre en condicions de cabal de 12 m ³ /h i a contrarentat sense sorra.....	53
Figura 39: Caiguda de pressió total a cada filtre en condicions de cabal de 6 m ³ /h i a contrarentat sense sorra.....	53

Figura 40: Augment de pressió a la sorra respecte al cas ideal (Eq. d'Ergun). (Elaboració pròpia).	55
Figura 41: Diferència percentual entre els valors de pèrdua de càrrega a la sorra de la simulació i l'equació d'Ergun (cas ideal).	56
Figura 42: Percentatge de pèrdua de càrrega ocasionada pels accessoris.	57
Figura 43: Diferència de caiguda de pressió (%) en contraretat en comparació amb filtració amb només aigua.	58
Figura 44: Representació qualitativa de l'evolució de les pressions dintre dels filtres amb crepines troncocòniques. Representació en el pla de simetria dels diferents models.	59
Figura 45: Ampliació de l'efecte de les pressions a la zona de crepines del filtre T17C.	61
Figura 46: Representació qualitativa de l'evolució de les pressions dintre dels filtres amb crepines troncocòniques. Simetries parcials dels diferents models.	62
Figura 47: Ampliació efecte velocitat a l'entrada i en el pas del fluid per les crepines centrals.	64
Figura 48: Efecte de la velocitat del fluid a l'interior dels filtres. Simetria completa amb un cabal de 12 m ³ /h.	65
Figura 49: Representació dels vectors velocitats a un tall al quart dels filtres T16 i T17C.	66
Figura 50: Mostra de línies de corrent que segueix el fluid a l'interior del filtre.	67
Figura 51: Percentatge del cabal total que passa per les crepines en el cas d'un cabal de 12 m ³ /h i 30 cm de sorra.	69

Índex de taules

Taula 1: Resum dels braços col·lectors emprats per als dissenys dels filtres.	20
Taula 2: Quadre resum de les diferents elaboracions de bases amb crepines troncocòniques.	22
Taula 3: Resum dels diferents models de filtres en estrella creats per la simulació.	25
Taula 4: Nombre d'elements de les diferents malles simulades per a cada part en què es divideix el filtre.	29
Taula 5: Mida màxima dels triangles de les diferents malles simulades que formen el mallat de diferents superfícies del filtre (dades en mm).	30
Taula 6: Mida màxima dels tetraedres de les diferents malles simulades que formen el mallat dels diferents volums que formen el filtre (dades en mm).	30
Taula 7: Per a cada malla simulada, mida màxima del mallat en els cossos d'influència (dades en mm).	31
Taula 8: Indicadors de qualitat de malla.	32

Estudi de l'efecte de diferents tipus de crepines en la caiguda de pressió de filtre de sorra

Taula 9: Resultats de pressions i cabals màssics amb els diferents mallats.....	33
Taula 10: Diferències de caigudes de pressions d'un mateix filtre amb diferents mallats..	34
Taula 11: Diferències percentuals causades per les noves condicions respecte a les inicials.	40
Taula 12: Contribució a la pèrdua de càrrega total en les diferents zones del filtre (%). Cabal 12 m ³ /h.	63
Taula 13: Caiguda de pressió per unitat de longitud (Pa/cm) en diferents trams de sorra. Cabal 12 m ³ /h.	64
Taula 14: Percentatge (%) de cabal objectiu per crepina (totes les crepines treballant per igual), percentatge màxim, percentatge mínim i variació entre percentual entre màxim i mínim. Cas de 12 m ³ /h i 30 cm de sorra.	68

1 INTRODUCCIÓ

1.1 Antecedents

La filtració és un procés mitjançant el qual es pretén separar les partícules sòlides que es troben en l'aigua a partir d'un medi filtrant o filtre, que permet el pas de l'aigua però de la mateixa manera evita i per tant reté les partícules sòlides que es troben en suspensió.

Aquesta necessitat d'obtenir aigua neta i purificada ha estat present al llarg de la història de la humanitat. Registres antics indiquen que civilitzacions primitives del 2000 aC ja pretenien purificar-la mitjançant un procés d'ebullició. Posteriorment al 500 aC Hipòcrates, va plantejar la hipòtesi que l'aigua neta disposava de propietats curatives. L'any 1800, el científic escocès Robert Thom va dissenyar la primera planta purificadora a Paisely, Escòcia, en el qual utilitzava filtres de sorra lents, però no va ser fins al 1827 quan James Simpson construeix el primer filtre de sorra per a la purificació d'aigua potable, el qual és considerat com el primer filtre efectiu utilitzat per al tractament d'aigües.

Des d'aquest moment els filtres de sorra han estat una peça fonamental en els processos de filtració d'aigua i no han deixat d'evolucionar amb el pas de temps. Els filtres de sorra són els elements més utilitzats per filtració d'aigua amb càrregues baixes o mitjanes de contaminants. Les partícules de suspensió que porta l'aigua queden retingudes a la capa de sorra. La qualitat de la filtració depèn principalment de paràmetres com l'alçada de la capa de sorra, les característiques i la granulometria de la massa filtrant, la velocitat de filtració i el disseny dels diferents elements filtrants que disposa el mateix filtre.

Depenent de les característiques de cada filtre existiran unes pèrdues de càrrega o caigudes de pressió representatives, la qual cosa fa que l'elecció dels diferents paràmetres ha de ser estudiada i no pot estar deixada a la improvisació.

Pel que fa als components dels filtres destaquen els elements situats a la base del propi filtre els quals disposen d'unes esclatxes d'amplada inferior a la dels grans de sorra que permeten el pas de l'aigua però no el del medi filtrant ni de les partícules contaminants que acompanyaven el flux de l'aigua.

Aquests elements reben el nom de crepines i se'n poden trobar de diferents tipologies i dissenys. Malgrat això, les crepines més utilitzades en el panorama comercial són les de tipus troncocònic, braç i estrella.

Les crepines són elements de mida reduïda en comparació amb altres parts del propi filtre però la seva importància és vital per al seu funcionament, ja que són elements que poden provocar grans quantitats de pèrdues de càrrega. És a dir, energia perduda durant el procés de filtració, per aquest motiu és de rellevant importància el fet de realitzar una bona tria de

crepines, tant en la quantitat com en la disposició de les mateixes per aconseguir una major eficiència en el procés i una reducció del cost econòmic del funcionament.

1.2 Objecte

L'objecte d'aquest estudi és el de determinar quina de les tres tipologies de crepines comercialment utilitzades (truncocònica, braç i estrella) és la que provoca menys caiguda de pressió en filtres de sorra aplicats a reg per degoteig tant en el mode de filtració com en el mode a contracorrent o també anomenat de contrarentat.

Per realitzar aquest estudi es procedirà al disseny i simulació d'un ampli ventall de filtres formats per crepines truncocòniques, de braços i en estrella els quals seran comparats en diversos modes de treball i variant la quantitat de medi filtrant (sorra) i la velocitat d'entrada del fluid.

D'aquesta manera es podrà dictaminar quina tipologia de filtre és més eficient i per tant la reducció econòmica del procés és més elevada, podent afirmar quin tipus de crepina és la més recomanable per als filtres de sorra.

1.3 Abast

L'estudi que es realitzarà serà mitjançant la dinàmica de fluids computacional a partir del programari ANSYS-Fluent. S'utilitzarà una metodologia validada experimentalment. Seguidament es simularà un filtre de sorra comercial variant la tipologia de crepines entre els diferents models que s'han dissenyat, amb la condició que es mantindrà la mateixa àrea de pas.

S'estudiarà el comportament del filtre per a diferents velocitats de fluid en mode de filtració (amb i sense medi filtrant) i en mode contra rentat (sense medi filtrant). S'estudiaran els efectes d'utilitzar sorra amb diferent mida. No es realitzaran assajos de laboratori.

2 ESTRUCTURA DEL DOCUMENT

L'objecte del projecte és estudiar l'eficiència d'utilitzar diferents tipus de crepines en un mateix filtre comercial. Per poder realitzar aquest estudi d'una manera significativa i obtenir uns resultats concloents s'ha procedit de la següent manera.

Primerament, en el capítol 3 s'ha procedit a calcular l'àrea total de filtració en la regió de les crepines en el cas d'un filtre de sorra comercial marca LAMA model FA1M format per braços col·lectors. D'aquesta manera s'ha pogut conèixer de primera mà el valor de l'àrea de filtració de referència que mantindrem gairebé constant en els diferents models a estudiar. Així es podrà valorar objectivament els resultats per als diferents models i fer una comparativa sobre la influència de les crepines en el funcionament global del filtre.

Un cop calculada l'àrea de filtració total i agafant com a base una crepina troncocònica de la que es disposava informació del seu disseny i de les seves mides, es procedeix al capítol 3 a la creació mitjançant el programari d'ANSYS Design Modeler de diferents models de bases de crepines.

El software ANSYS conté un conjunt de programes per al disseny, anàlisi i simulació per elements finits que és capaç d'executar estudis d'elements i objectes sotmesos a diferents fenòmens físics. ANSYS inclou la capacitat per resoldre problemes físics sotmesos a esforços tèrmics, fluxos de fluids, vibracions, entre d'altres aplicacions específiques. ANSYS Fluent és un programa d'anàlisi i simulació CFD (Computational Fluids Dynamics) amb el qual es poden resoldre diferents problemes de fluids, ja que disposa d'eines de modelatge, mallat i simulació.

Entre els diferents models de base de filtre amb crepines troncocòniques cal destacar la creació de diferents patrons amb disposicions quadriculades i circulars en el capítol 3 que servirà per comparar l'eficiència de diferents patrons de distribució dels elements.

Un cop finalitzada la creació de les diferents bases amb les crepines troncocòniques, més endavant, en el capítol 4 es procedeix al dimensionament dels filtres a simular. Aquests filtres disposaran de les mateixes característiques geomètriques per a la totalitat dels elements utilitzats, menys en les crepines. La Figura 1 mostra un exemple d'un dels filtres amb el qual es procedirà a realitzar l'estudi.

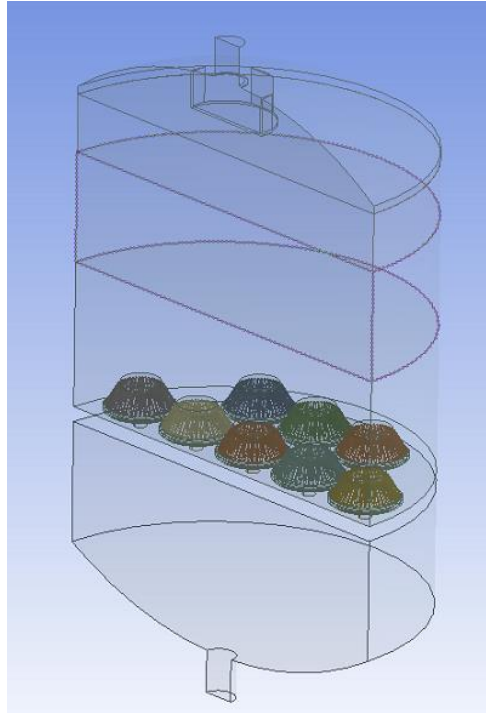


Figura 1: Tall al mig d'un model de filtre creat per realitzar les simulacions. Model T16.

Tots els filtres de sorra simulats estan formats per un cos principal, el qual respectarà les mides estipulades pel filtre comercial LAMA FA1M. El filtre està format per: un conducte d'entrada pel qual s'introdueix el fluid a l'interior; un difusor amb el qual es pretén disminuir la inèrcia amb la qual entra l'aigua i posteriorment el seu impacte amb el llit de sorra evitant així zones molt afectades per aquest impacte; la base on es troben els elements filtrants inferiors (crepines) els quals permetran el pas del fluid però evitant de la mateixa manera la precipitació de la sorra. Per altra banda es disposa d'un conducte inferior pel qual s'extreu el fluid ja filtrat cap a l'exterior. Tot introduït dintre del gran cos principal que forma el filtre de sorra comercial.

De la mateixa manera es procedeix a la realització de diferents dissenys i models amb braços col·lectors i crepines en forma d'estrella al capítol 3. Es dissenya primerament la base amb els elements filtrants i a continuació es repeteix i s'adapta el procés anterior per obtenir el disseny de filtre a simular. La condició primordial per poder dur a terme aquest estudi és que les condicions i mides dels filtres siguin idèntiques en cada model per així poder obtenir resultats en les comparatives que només depenguin del disseny de la crepina.

Una vegada es disposen d'una gran varietat de models de filtres amb les diferents bases dissenyades es duu a terme la discretització del domini mitjançant el programari ANSYS Meshing (capítol 4).

La discretització del domini és la divisió del volum en petits elements a on s'aplicaran les tècniques numèriques de volums finits. Aquest procés també s'anomena malla. Tots els filtres

Estudi de l'efecte de diferents tipus de crepines en la caiguda de pressió de filtre de sorra

es mallen amb tetraedres. Per fer-lo de manera més adequada, es procedeix a discretitzar els components del filtre amb una densitat de malla diferent. L'objectiu és tenir elements més petits en les zones crítiques dels models per així capturar millor la informació. La discretització d'aquests elements es realitza mitjançant la creació de diferents subconjunts anomenats "name selections" a partir dels quals es poden diferenciar la quantitat d'elements que conformaran el mallat de cada porció del filtre.

Seguidament es procedeix en el capítol 5 a simular el conjunt de filtres creats en diferents condicions de funcionament (variant la velocitat, la quantitat de sorra i el sentit del flux). Un cop realitzades les simulacions es pot procedir a realitzar una classificació dels models de filtre valorant aspectes com són la caiguda de pressió o els cabals màssics. Aquestes valoracions es realitzaran tant des del punt de vista comparatiu entre els diferents filtres com des de la vessant experimental comparant-lo amb equacions empíriques (equació d'Ergun).

Posteriorment a la primera valoració de les simulacions es procedeix a aprofundir més en els models que han obtingut millors resultats cercant resultats qualitius i quantitius per determinar el motiu de les diferències entre ells.

El capítol 6 es procedeix a realitzar una valoració econòmica del cost total de l'estudi. En tractar-se d'un estudi i no d'un projecte constructiu aquesta valoració econòmica se centra en les despeses d'amortitzacions de programari i de mà d'obra d'enginyeria.

El capítol 7 inclou les conclusions obtingudes en realitzar el treball i les valoracions aconseguides mitjançant les diferents simulacions, juntament amb les recomanacions del disseny de filtre més eficient.

Per acabar el capítol 8 mostra la relació de documents i el capítol 9 la bibliografia emprada per realitzar aquest estudi. Tot seguit es mostren els annexos de geometria i mallat on s'especifica els passos seguits per a la realització del disseny i configuració d'un model de filtre. Procés amb el qual es basa la creació principal dels 10 models diferents de filtre estudiats.

3 FILTRES DE SORRA

3.1 Introducció

La filtració és un procés de separació de sòlids en suspensió en un líquid mitjançant un medi porós i permeable, que té la funció de retenir els sòlids i únicament deixar el pas del líquid a filtrar. Principalment existeixen dues grans varietats de filtració, depenent de les característiques del medi utilitzat en el procés que són: filtració superficial i filtració profunda.

La filtració superficial es basa en un efecte tamisat en el qual els sòlids no poden penetrar en el medi filtrant sinó que són retinguts en la seva superfície. La condició primordial perquè aquest factor succeeixi és que la mida dels porus del medi filtrant sigui més petit que la mida de les partícules sòlides. Com a medis filtrants s'utilitzen tamisos, paper de filtre, membranes o teles. Segons la direcció en la qual el flux del fluid incideix en la superfície existeixen dos tipus de filtració, la tangencial i la perpendicular. En el cas de la tangencial, el fluid flueix de manera paral·lela a la superfície, mentre que en la perpendicular o de tortes el fluid es mou en direcció perpendicular a la superfície. La Figura 2 representa les característiques de les dues tipologies de filtració superficial.

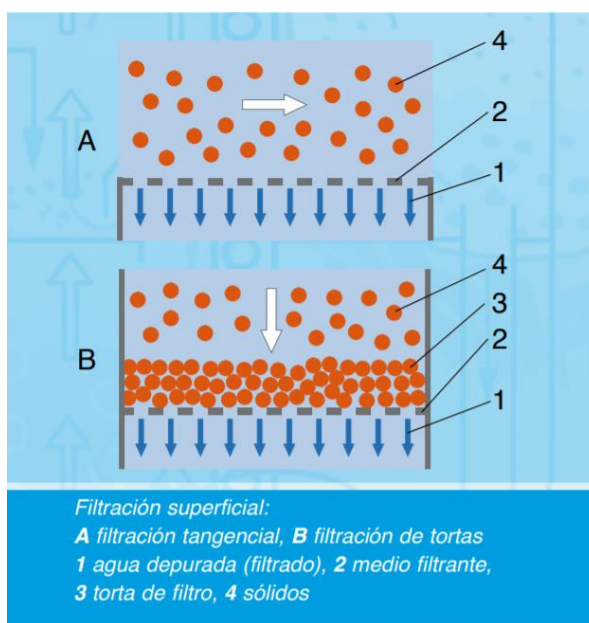


Figura 2: Procés de filtració superficial. (GUNT HAMBURG, 2020)

La filtració profunda es caracteritza pel pas del fluid a través d'un medi filtrant situat en forma de llit. El fluid amb substàncies contaminants o impureses flueix per l'interior del llit filtrant, lloc on queden retinguts els sòlids. El fluid sense impureses té la capacitat de creuar tot el llit sense obstacles, tot i que amb pèrdues de càrrega. Amb el pas del temps i de l'ús es va acumulant una major quantitat de sòlids en el medi filtrant la qual cosa origina una disminució progressiva de la secció de pas i en conseqüència augmenta la resistència que el filtre oposa al

flux. Aquest flux del fluid disminueix i l'única opció de mantenir-lo és augmentant la pressió. Per disminuir aquest efecte es procedeix a realitzar rutinàriament processos de rentat per eliminar aquestes substàncies sòlides que obstrueixen el pas del fluid. Aquest procés de rentat es realitza mitjançant la introducció d'un flux de fluid depurat en direcció contrària al sentit original de funcionament del flux, aconseguint d'aquesta manera obtenir novament un medi filtrant net i eliminar la pèrdua de pressió ocasionada. La Figura 3 mostra el procés típic de filtració profunda.

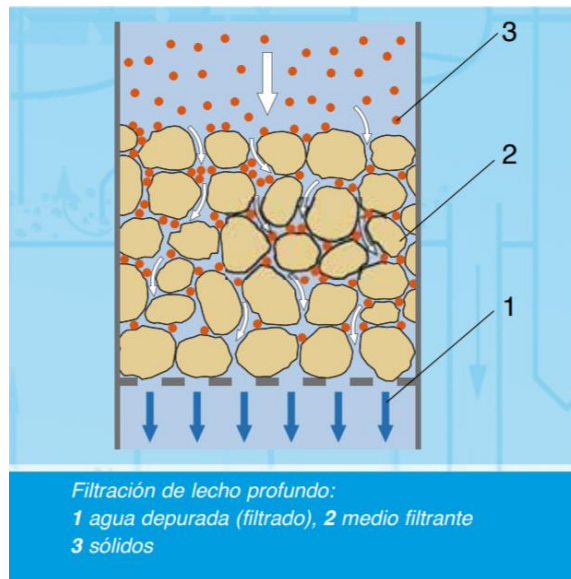


Figura 3: Filtració profunda. (GUNT HAMBURG, 2020)

Els filtres de sorra són els més utilitzats per a filtracions profundes d'aigua amb càrregues mitjanes o baixes d'agents contaminants, que puguin requerir una retenció de partícules d'una mida de fins a vint micres. La qualitat de la filtració depèn de diferents paràmetres que intervenen en el procés, destacant entre altres, la velocitat de filtració, l'alçada del llit de sorra filtrant, les característiques i granulometria de la massa filtrant i la forma del filtre.

El funcionament d'un filtre de sorra es basa en tres etapes cronològiques: operacions de filtratge, operació de rentat i operació d'aclarit.

1. Operació de filtratge: aquesta operació es basa en la introducció d'aigua fins a expulsar la totalitat d'aire que conté el filtre, eliminant aquest pel circuit de purga d'aire el qual acostuma a estar regulat per ventoses als extrems. L'aigua bruta és bombejada amb una determinada pressió en funció de la velocitat amb la qual es pretén realitzar el filtrat. Introduint l'aigua en el filtre per la seva part superior i distribuint uniformement el flux per evitar moure en excés el llit filtrant i provocar d'aquesta manera la creació de corrents preferencials.
2. Operació de rentat: procés produït quan es detecta una descompensació de pressió que, en filtres per irrigació amb degoters és de l'ordre de 50 kPa entre els

manòmetres situats a l'entrada i sortida del filtre. Pel fet que el llit filtrant es troba carregat de partícules que han quedat retingudes amb el pas de l'aigua en l'operació anterior. En el rentatge, l'aigua entra per la part inferior, invertint d'aquesta manera el recorregut habitual, aixecant la sorra i convertint el sistema en un llit fluiditzat. Mitjançant un bombeig l'aigua del rentatge ascendeix pel filtre a la vegada que s'introdueix una certa quantitat d'aire per evitar la creació de corrents preferencials que puguin alterar el correcte funcionament. Es combinen aquestes entrades d'aire i aigua fins al moment en el qual el flux d'aigua a la sortida es pot observar de manera clara i nítida.

3. Operació d'aclarit: Una vegada observat que l'aigua del rentatge surt clara es pot procedir a l'aclarit. L'equip de bombeig pren l'aigua del rentat i la introdueix per circuit de filtrat per així acabar de netejar-lo. La Figura 4 mostra els estats de les vàlvules d'entrada i de sortida d'un filtre de sorra durant els diferents procediments als quals pot estar sotmès.

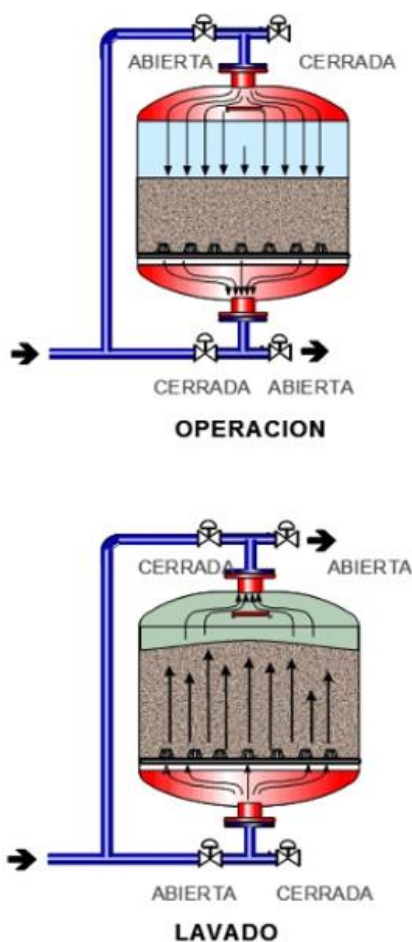


Figura 4: Operacions característiques d'un filtre de sorra en funcionament. A la part superior en l'estat convencional de filtració i a la part inferior en el procés de contrarentat. (IAGUA, 2020)

3.2 Casos estudiats

Per a la realització de l'estudi s'ha procedit a dur a terme una comparativa entre tres tipologies diferents d'elements filtrants en un mateix filtre. Com a base per a l'estudi s'ha optat per simular els diferents efectes sobre una geometria d'un filtre comercial estàndard. El model de filtre ha estat creat basant-se en el model FA1M del fabricant de filtres de sorra Lama. A la Figura 5 es pot veure representat aquest filtre de sorra.



Figura 5: Filtre de sorra de la companyia Lama (LAMA,2020)

Agafant com a exemple la tipologia de filtre utilitzada per Lama s'estudia l'efecte a la filtració mitjançant sorra de tres dissenys d'elements filtrants a la base: crepines troncocòniques, braços col·lectors i sistema de drenatge en forma d'estrella.

La Figura 6 mostra un dels filtres creats amb l'eina Design Modeler d'ANSYS amb el qual es procedirà a la simulació i comprovació dels efectes del seu funcionament. Aquest model presentat es tracta d'una simetria del model T17B, el qual esta format per una base de 17 crepines troncocòniques. Altres models disposen de diferents tipologies de crepines i/o de posicions de les crepines. També es poden veure descrits a la Figura 6 els noms d'algunes parts característiques que disposaran tots els models estudiats.

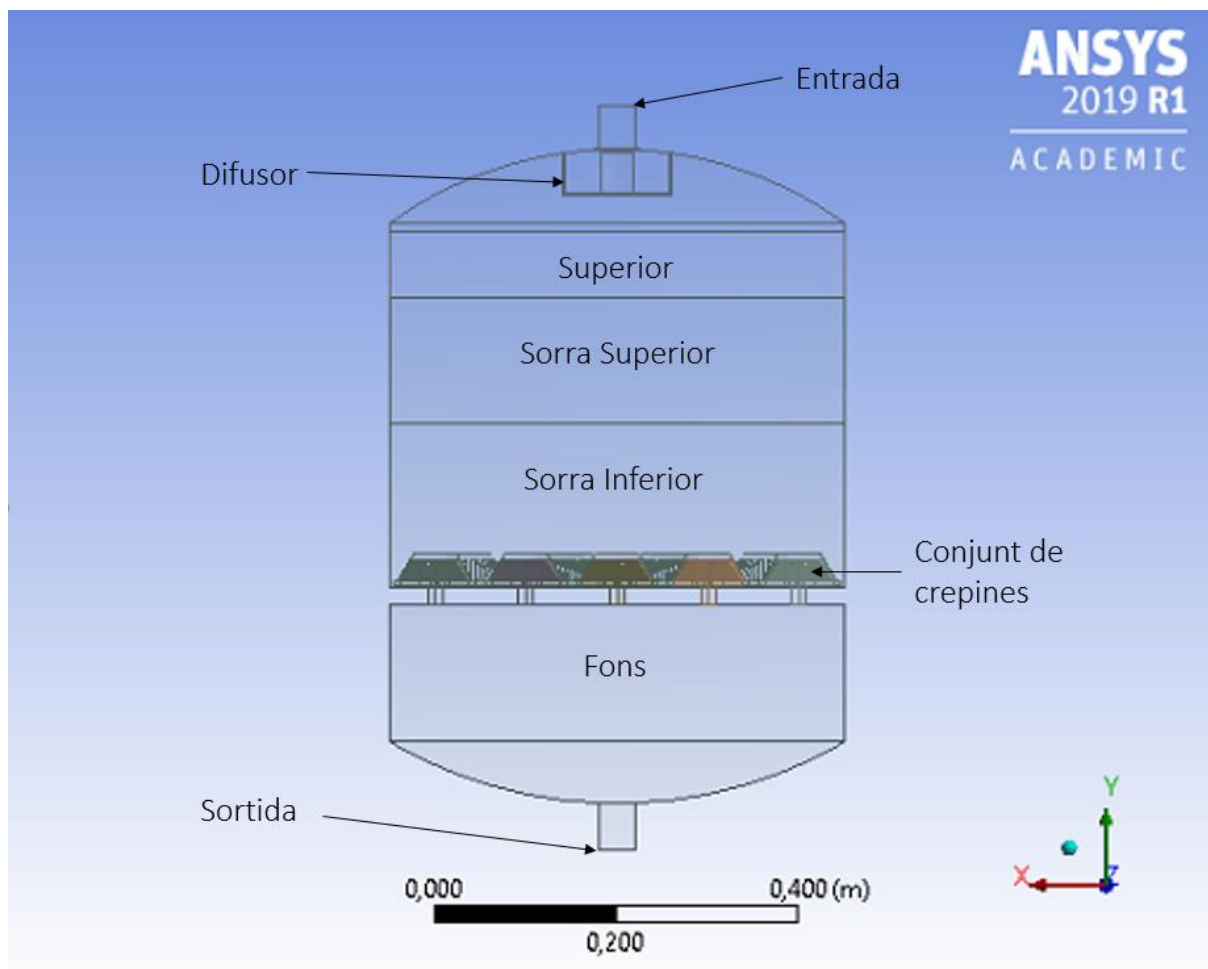


Figura 6: Model de filtre creat per a realitzar les diferents simulacions basat en el filtre comercial FA1M de l'empresa Lama. (Elaboració pròpia).

3.2.1 Braços col·lectors

La primera tipologia de filtre estudiat és el més utilitzat comercialment el qual es basa en un cilindre que creua per l'interior del filtre del qual surten perpendicularment una sèrie de braços repartits equitativament a l'interior del filtre (veure la Figura 7).

Cada braç d'aquest filtre està format per 24 esclertes que permeten el pas del fluid a l'interior del braç i d'aquí poder acumular-se a la zona central on es troba el col·lector. Cadascuna de les 24 esclertes té una amplada aproximada de 0,5 mm i 8,0 mm de longitud que ocupen una àrea de $4,0004 \times 10^{-5} m^2$ per tant cada braç col·lector disposa d'una àrea filtrant de:

$$\text{Àrea filtrant per braç} = N^{\circ} \text{ esclertes} \times \text{Àrea esclerta}$$

$$\text{Àrea filtrant per braç} = 24 \times 4,0004 \times 10^{-5} m^2 = 0,00096 m^2 = 960,096 mm^2$$

Un cop obtinguda l'àrea filtrant d'un braç col·lector és necessari obtenir la totalitat de l'àrea filtrant del filtre general:

$$\text{Àrea filtrant total} = \text{Àrea filtrant per braç} \times N^{\circ} \text{ braços}$$

$$\text{Àrea filtrant total} = 960,096 \text{ mm}^2 \times 10 = 9600,96 \text{ mm}^2$$

Com s'ha pogut demostrar, l'àrea filtrant amb la qual es basa l'estudi realitzat és de $9600,96 \text{ mm}^2$ valor que es mantindrà gairebé constant pels diferents models i estudis. En aquest cas per arribar a la totalitat d'aquesta àrea ha estat necessari emprar 10 braços col·lectors.

En el procés de simulació es pot aprofitar la simetria del sistema i així reduir a la meitat el volum a simular. Això permet reduir significativament el temps de càlcul. Cal notar que el temps total de càlcul per obtenir resultats d'una simulació es prolonga més de 8 hores.

Així doncs els elements filtrants emprats en cada model queden dividits a la meitat. Per tant, en el cas dels braços col·lectors com es mostra a la Figura 7, el model realment a simular està format per 5 braços col·lectors. Es procedirà de la mateixa manera amb les crepines troncocòniques i els braços en estrella.

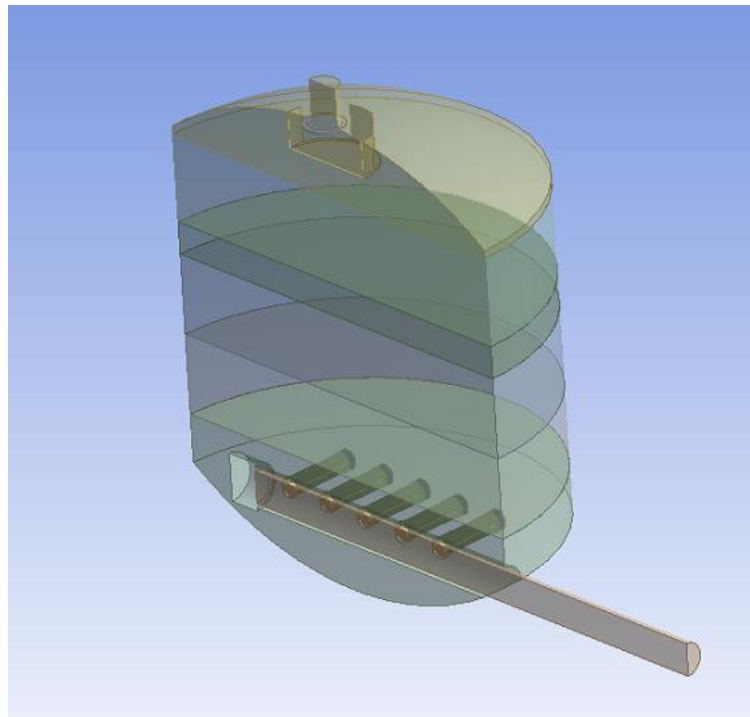


Figura 7: Model de braços col·lectors (B1) amb braços igualment separats 60 mm. (Elaboració pròpia)

Per altra banda s'ha utilitzat un disseny d'una versió del filtre de braços on les longituds dels mateixos varien segons la seva posició. A diferència del primer model de braços on cadascun d'ells estan separats una distància de 60 mm entre centres, en aquest segon model la separació

Estudi de l'efecte de diferents tipus de crepines en la caiguda de pressió de filtre de sorra

entre braços és variable per tal que cada braç abasti una àrea superficial horitzontal igual, com es pot apreciar a la Figura 8 (Manual d'instruccions, arena. Lama).

En tractar-se d'una simetria total, la nova àrea filtrant serà:

$$\text{Àrea filtrant simetria} = \frac{\text{Àrea filtrant total}}{2}$$

$$\text{Àrea filtrant simetria} = \frac{9600,96 \text{ mm}^2}{2} = 4800,48 \text{ mm}^2$$

Càlcul del nombre de braços col·lectors per a la simetria:

$$N^{\circ} \text{ Braços col \cdot lectors} = \frac{\text{Àrea filtrant simetria}}{\text{Àrea filtrant per braç}}$$

$$N^{\circ} \text{ Braços col \cdot lectors} = \frac{4800,48 \text{ mm}^2}{960,096 \text{ mm}^2} = 5 \text{ braços col \cdot lectors}$$

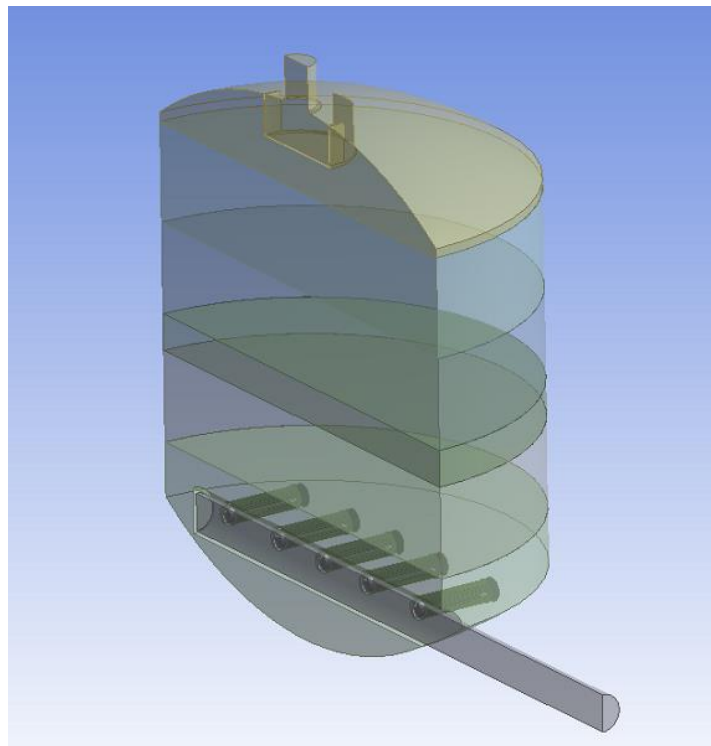
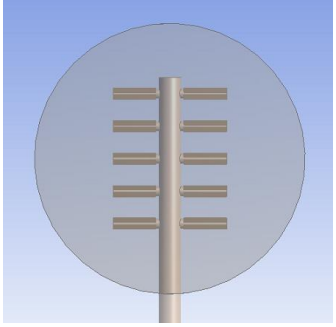
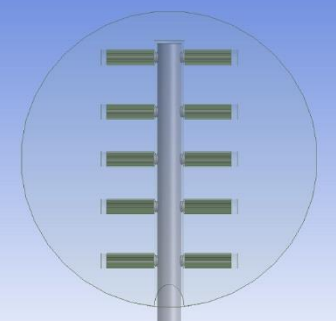


Figura 8: Model de braços col·lectors (B2) amb braços amb separació variable per cobrir una mateixa àrea superficial (Elaboració pròpia).

Seguidament es presenta la Taula 1 on es presenten els braços col·lectors utilitzats pel disseny dels dos primers filtres. D'aquesta manera queda reflectit d'una manera precisa els elements filtrants per aquesta tipologia de filtre juntament amb el nom que reben i les sigles utilitzades per fer referència als mateixos en els diferents estudis al capítol 5.

Taula 1: Resum dels braços col·lectors emprats per als dissenys dels filtres.

Nom	Descripció	Representació
Braços col·lectors (B1)	Conjunt de braços equidistants (60 mm entre centres) que regeixen de manera uniforme i perpendicular des del centre del filtre.	 <p>Diagrama que mostra un braç col·lector central amb sis braços horitzontals equidistants que s'estenen radialment cap a l'exterior d'un cercle que representa el filtre.</p>
Braços col·lectors (B2)	Conjunt de braços amb separació variable per abastar la mateixa àrea superficial.	 <p>Diagrama que mostra un braç col·lector central amb sis braços horitzontals de longitud variable, més llargs a l'exterior, per cobrir una àrea superficial més gran.</p>

3.2.2 Crepines troncocòniques

La segona tipologia de models amb el qual es duu a terme l'estudi és el format per una placa o base en què es reparteixen crepines troncocòniques comercials per la seva superfície, intentant optimitzar la seva zona d'influència. La geometria de cada crepina està basada en un cos amb forma de con truncat el qual posseeix una superfície ranurada amb 45 escletxes de 0.45 mm d'amplada i 27,45 mm de longitud. El filtre conté també un col·lector situat a l'interior del cos i una tapa superior.

Cadascuna de les 45 escletxes que se situen sobre la superfície lateral de la crepina té una àrea d' $1,2354 \times 10^{-5} m^2$ completant així una totalitat de $556,15 mm^2$ d'àrea filtrant per a cada element de filtració.

Per poder fer una comparativa amb la resta de filtres ha sigut necessari disposar d'una àrea filtrant semblant en tots els models. Agafant com a base l'àrea filtrant dels braços col·lectors del qual es disposen de dades reals obtingudes en assajos de laboratori partim d'una àrea objectiu de $9600,96 mm^2$.

Per obtenir el nombre de crepines troncocòniques necessàries cal obtenir la relació:

$$\text{Relació entre braç col·lector i crepines} = \frac{\text{Àrea filtrant filtre braços}}{\text{Àrea filtrant per crepina}}$$

$$\text{Relació entre braç col·lector i crepines} = \frac{9600,96\text{mm}^2}{556,15\text{mm}^2} = 17,26$$

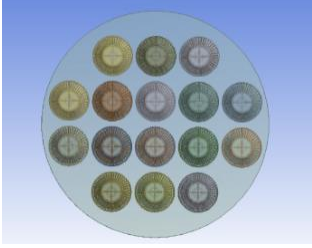
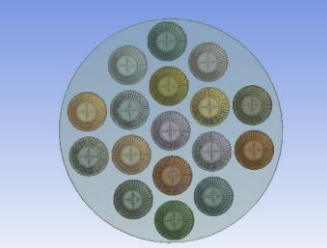
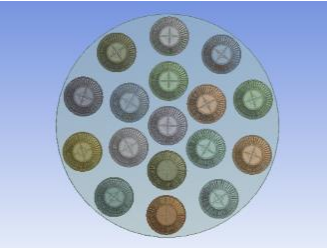
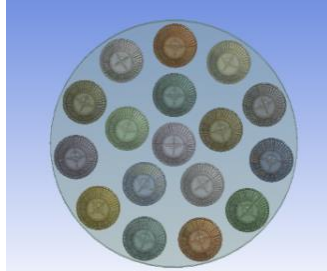
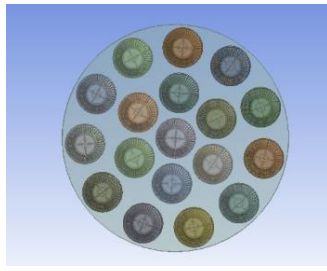
En tractar-se de cossos físics, es necessiten unitats senceres, per tant els dissenys que es realitzen amb crepines troncocòniques estaran formats per 17 o 18 crepines, analitzant d'aquesta manera models amb una àrea de filtració superior i d'altres inferiors al model comercial de braços.

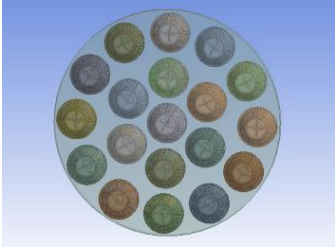
Els dissenys han estat basats en la disposició d'aquestes crepines sobre una base cilíndrica la qual ha respectat les dimensions interiors del filtre general. Per tant la base disposa d'unes dimensions de 500mm de diàmetre la qual a part de ser el llit on situar les crepines té la funció de dividir la totalitat del filtre en dues zones. Per la part superior es trobarà el llit de sorra i la part inferior servirà de dipòsit d'acumulació de l'aigua filtrada una vegada ha precipitat pel col·lector de cada crepina.

Pel que fa a la representació de les crepines s'ha procedit a orientar-les amb diferents criteris per poder disposar d'una major diversitat a l'hora d'obtenir resultats. La primera representació es basa en la simulació d'una graella on estan disposades totes les crepines de manera lineal tal com es proposa en diferents filtres comercials. Aquest model ha estat format per la disposició de 16 crepines, ja que per motius d'espai no era possible introduir més elements (veure a la Taula 2). La segona opció s'ha basat en una representació radial de les crepines modificant a continuació de manera estratègica algunes crepines puntuals per abastar una superfície més considerable. Seguidament s'ha procedit a la creació de quatre models amb disposicions circulars en els que es diferencien entre sí en la quantitat de crepines, com es pot veure a la Taula 2 Tots els models circulars disposen d'una crepina central i dos anells concèntrics els quals varien la seva quantitat i per tant la concentració de crepines per cada anell.

Malgrat que tots els exemples realitzats estan formats amb 17 i 18 crepines, a més del model de 16 crepines de caràcter rectangular. S'ha procedit a realitzar un d'exemple amb 19, el qual seria la quantitat màxima matemàticament permesa sense que cap crepina se superposi una sobre de l'altre, per comprovar si així s'obtidria un resultat més satisfactori.

Taula 2: Quadre resum de les diferents elaboracions de bases amb crepines troncocòniques.

Nom	Descripció	Representació
Crepina troncocònica (T16)	Base de crepines troncocòniques formada per una orientació rectangular de base quadrada. Format per 16 crepines.	
Crepina troncocònica (T17A)	Base de crepines troncocòniques formada per una línia de 5 crepines, dues de 4 crepines i les dues exteriors de dues crepines. Com el cas T16 però amb línia central de 5 crepines en comptes de 4. Format per 17 crepines.	
Crepina troncocònica (T17B)	Base de crepines troncocòniques format per un disseny circular amb una crepina central, un segon anell de 6 crepines distribuïdes a 60° i un anell exterior de 10 crepines distribuïdes a 36°. Format per 17 crepines	
Crepina troncocònica (T17C)	Base de crepines troncocòniques format per un disseny circular amb una crepina central, un segon anell de 5 crepines distribuïdes a 72° i un anell exterior de 11 crepines distribuïdes a 32,73°. Format per 17 crepines.	
Crepina troncocònica (T18)	Base de crepines troncocòniques format per un disseny circular amb una crepina central, un segon anell de 6 crepines distribuïdes a 60° i un anell exterior de 11 crepines distribuïdes a 32,73°. Format per 18 crepines.	

<p>Crepina troncocònica (T19)</p>	<p>Base de crepines troncocòniques format per un disseny circular amb una crepina central, un segon anell de 6 crepines distribuïdes a 60° i un anell exterior de 12 crepines distribuïdes a 30°. Format per 19 crepines.</p>	
-----------------------------------	---	---

Càlcul del nombre de crepines troncocòniques per a la simetria:

$$N^{\circ} \text{ crepines troncocòniques} = \frac{\text{Àrea filtrant simetria}}{\text{Àrea filtrant per crepina troncocònica}}$$

$$N^{\circ} \text{ crepines troncocòniques} = \frac{4800,48 \text{ mm}^2}{556,15 \text{ mm}^2} = 8,63 \text{ crepines troncocòniques}$$

Així doncs els models amb crepines troncocòniques es mouran entre les 8,5 crepines i les 9, ja que en alguns casos la simetria dividirà algunes crepines en meitats simètriques, mentre que en el cas dels braços col·lectors aquests 5 estaran sencers i el que queda dividit és el col·lector central. La Figura 9 mostra, com a exemple, la geometria del filtre a simular pel cas T17A de crepines troncocòniques emprades en l'estudi.

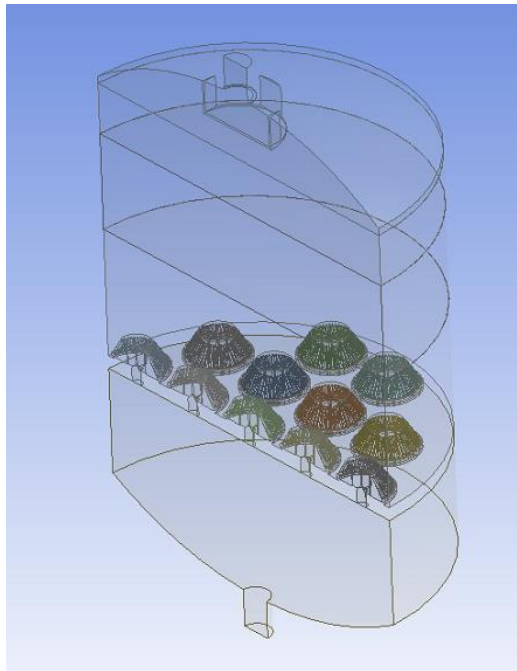


Figura 9: Model de filtre amb crepines troncocòniques (T17A). (Elaboració pròpia).

3.2.3 Filtre en estrella

El filtre en estrella presenta diverses similituds amb el cas del braç col·lector. Els elements filtrants en ambdós casos tenen la mateixa geometria i per tant les mateixes condicions filtrants. Així doncs, aquest disseny està format per 5 braços que tenen un origen concèntric en un col·lector prismàtic. A la Figura 10 es pot veure com la totalitat de l'àrea filtrant dels braços en forma d'estrella es concentren a la part central del filtre.

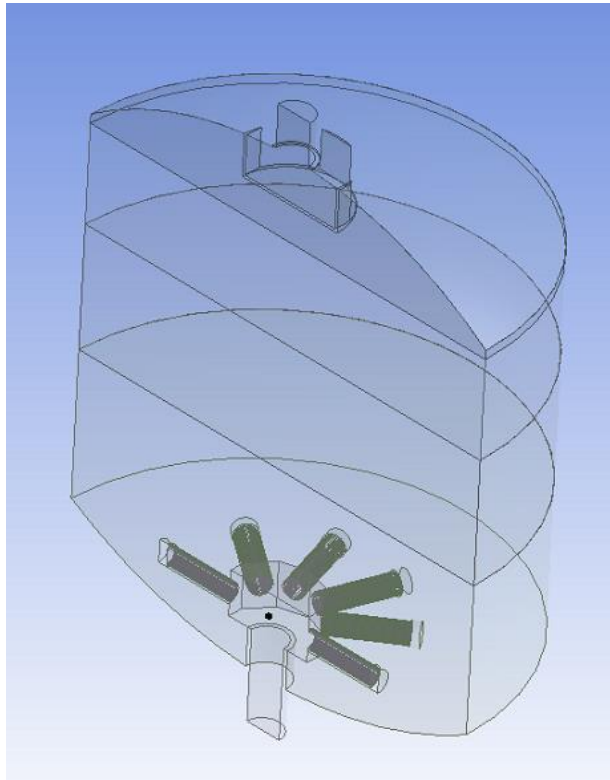


Figura 10: Model de filtre amb braços en estrella amb filtració concèntrica (E1). (Elaboració pròpia).

Tant el filtre en estrella com en el cas dels braços col·lectors la diferència més qualitativa respecte al disseny genèric dels casos dels filtres amb crepines troncocòniques és que en aquests els mateixos elements filtrants tenen un col·lector que transporta l'aigua a l'exterior del filtre. Per tant el llit de sorra envolta la totalitat dels braços a diferència de la base de crepines on la sorra només se situava a la part superior mentre que l'inferior era un propi dipòsit on precipitava l'aigua filtrada.

De la mateixa manera que en el cas dels braços col·lectors es procedeix a crear un segon disseny amb braços en forma d'estrella. Aquest segon model es caracteritza per disposar d'unes longituds superiors que en el primer model el qual la seva àrea de filtració es concentrava en la zona central del filtre. En aquest nou disseny, al disposar d'uns braços més llargs permet arribar a zones més perifèriques del filtre. Per respectar els paràmetres de l'àrea filtrant total es procedeix a fer segments amb ranures per filtració combinats amb altres on no es permet el

pas de l'aigua. La Figura 11 mostra el segon model de filtre en estrella on es pot apreciar la longitud superior dels braços, els quals arriben fins a les zones més externes del filtre a diferència del model E1 (Figura 10) on els braços estan concentrats al centre del filtre.

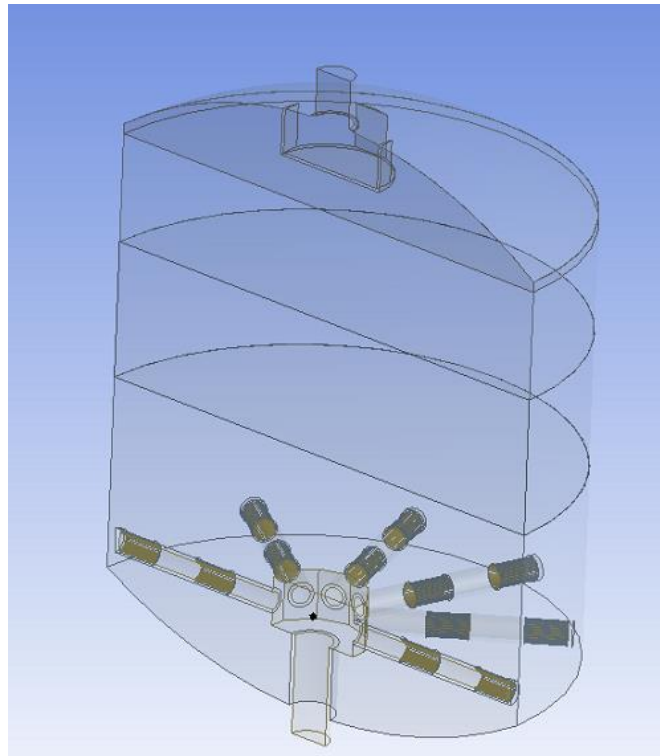
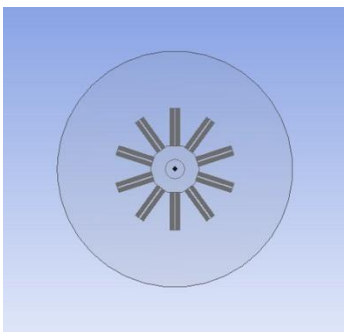
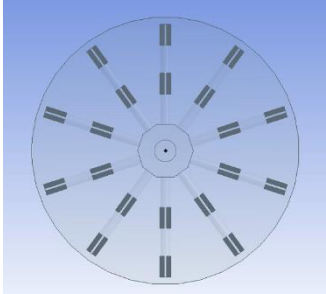


Figura 11: Model de filtre amb braços en estrella (E2). (Elaboració pròpia).

Seguidament es procedeix a mostrar la Taula 3 la qual representa de manera resumida els diferents braços en estrella dissenyats en aquest projecte per a la filtració.

Taula 3: Resum dels diferents models de filtres en estrella creats per la simulació.

Nom	Descripció	Representació
Col·lector en estrella (E1)	Col·lector format per braços en distribució geomètrica en forma d'estrella. Format per 10 braços concèntrics on tota la seva àrea és filtrant. Concentra la seva àrea d'influència a la zona central.	

<p>Col·lector en estrella (E2)</p>	<p>Col·lector format per braços en distribució geomètrica en forma d'estrella. Format per 10 braços concèntrics on cada braç disposa de dues zones filtrant, cadascuna de la meitat d'àrea que en el cas anterior. Els braços arriben gairebé fins al perímetre del filtre.</p>	 <p>Diagrama d'un col·lector en estrella (E2) amb 10 braços concèntrics. Cada braç està dividit en dues zones filtrant, cadascuna de la meitat d'àrea que en el cas anterior. Els braços arriben gairebé fins al perímetre del filtre.</p>
------------------------------------	---	---

4 MODEL DE SIMULACIÓ

4.1 Introducció

El desenvolupament de la dinàmica de fluids computacional (CFD) ha estat un gran pas en l'àmbit de l'estudi dels fluxos de fluids. La CFD es basa en la utilització d'ordinadors per resoldre i analitzar problemes relacionats amb el flux de fluids. La mecànica de fluids computacional utilitza diferents mètodes i algoritmes numèrics per resoldre les equacions de la dinàmica de fluids i simular com interactuen els líquids i gasos en determinades superfícies o cossos. Malgrat que les tècniques emprades estan en continu desenvolupament i contínuament es perfeccionen, en alguns casos es difícil arribar a resultats propers als reals. Per això és molt recomanable validar la configuració del model amb alguns casos amb dades reals.

El programari utilitzat per realitzar el present estudi ha estat ANSYS Fluent. Es tracta d'un software que és capaç de resoldre i obtenir solucions a problemes mitjançant la teoria dels volums finits en el cas dels fluids.

ANSYS Fluent es basa en tres mòduls per a la realització dels estudis els quals són: pre-procés, solver i post-procés. El primer mòdul és en el que es dissenya geomètricament el model i s'estableix la malla d'elements. A continuació s'apliquen els diferents paràmetres i condicions de contorn al qual estarà sotmès el model. En l'etapa del solver s'obté la solució. Finalment en el post-procés es visualitzen els resultats i s'obtenen figures, taules de resultats, etc.

Per realitzar el disseny de les geometries, ANSYS disposa del mòdul ANSYS DesignModeler el qual disposa d'eines de dibuix CAD. ANSYS DesignModeler proporciona funcions de modelatge per a la simulació que inclouen la creació de geometria paramètrica, creació de models conceptuals, modificacions de geometries CAD i diverses eines personalitzades per al flux de fluid.

Un cop es disposa del disseny de la geometria es procedeix a la realització del mallat o meshing. El mallat és la base de l'anàlisi per elements finits, el qual, implica una subdivisió dels medis continus complexos en formes més fàcils d'analitzar analíticament. Dividint el cos en aquestes formes més senzilles s'aconsegueix una major simplicitat a l'avaluació de les condicions tot i que, per contra, la quantitat de dades a avaluar augmenta.

4.2 Configuració del model

4.2.1 Malla

Per realitzar aquest estudi comparatiu és necessari decidir el tipus de mallat amb el qual s'analitzaran els diferents dissenys de filtre. Per aquest motiu s'ha realitzat una comprovació dels efectes d'utilitzar diferents mallats per a un mateix model. D'aquesta manera es

determinarà una tipologia de discretització que s'utilitzarà per poder unificar mallats en tots els casos i realitzar l'estudi amb el mateix criteri.

Aquest anàlisi de sensibilitat dels resultats al tipus de mallat s'ha dut a terme amb la utilització de malles amb nombres d'elements significativament diferents. Els propis mallats estudiats han estat formats per malles d'entre 36 i 8 milions d'elements per a la meitat del filtre T17B. La Figura 12 representa un mallat amb 18 milions d'elements en el model de crepines troncocòniques T17B. Com es pot apreciar les zones de major interès com són l'entrada, sortida i la zona de crepines el mallat és d'unes dimensions inferiors que en la resta del domini. Com es pot apreciar el mallat és de tipus triangular a les superfícies, tetraèdric en el volum i amb capa prismàtica (triangular) en el volum en contacte amb les superfícies de tipus paret.

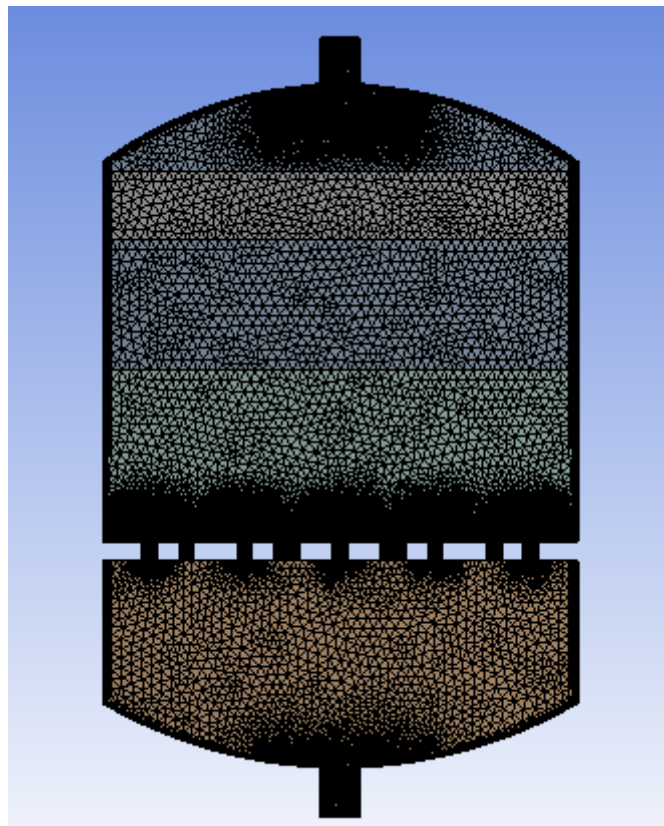


Figura 12: Mallat amb 18 milions d'elements

La Taula 4 es tracta d'un quadre estadístic on es pot visualitzar i entendre de manera clara i concisa en quins apartats del filtre estan repartits els diferents elements amb els que s'ha basat el mallat. Com és d'esperar, ja que en la pròpia definició de la configuració de la malla, els elements amb menors dimensions es trobaven a les zones més conflictives. Així doncs es trobarà una major quantitat d'elements a la zona de les crepines i a l'entrada i sortida del filtre. Malgrat que la sorra és considerada un dels elements més importants en el conjunt del filtre, s'ha pogut comprovar que la mida dels elements no és excessivament rellevant en aquesta zona.

Estudi de l'efecte de diferents tipus de crepines en la caiguda de pressió de filtre de sorra

Taula 4: Nombre d'elements de les diferents malles simulades per a cada part en què es divideix el filtre

	36m	26m	18m	11m	8m
Entrada	983.724	558.255	344.107	165.914	83.196
Superior	525.876	354.662	182.916	68.589	31.464
Sorra	18.778.104	14.145.161	10.143.164	6.686.417	5.461.343
Crepines	15.045.802	11.132.787	7.334.701	4.380.409	3.015.713
Fons	1.083.985	754.992	489.188	289.312	197.180
Total	36.417.491	26.945.857	18.494.076	11.590.641	8.788.896

La Taula 5 és un quadre resum de la mida màxima dels triangles que discretitzen les principals superfícies que formen el filtre. Per a cada diferent tipus de malla es mostra el valor de la mida màxima a la superfície que serà una de les cares dels elements prismàtics (si és paret real) o tetraedres (si és una paret virtual) que ocuparan el volum. La Figura 13 presenta el detall de les parts de les crepines troncocòniques i de la superfície de la sorra que es troba en contacte amb elles.

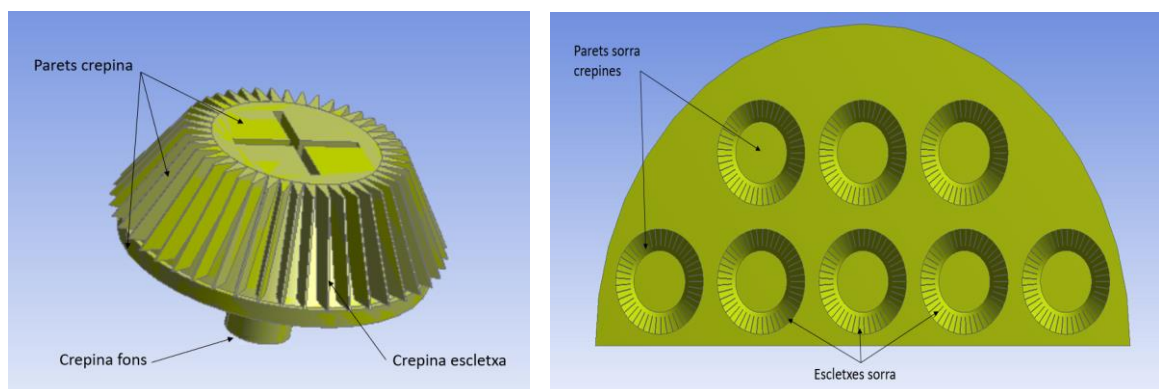


Figura 13: Detall de superfícies de la crepina i de la sorra. (Elaboració pròpia).

Com és fàcilment observable en la Taula 5 si la quantitat de milions d'elements de malla és elevat, és degut al fet que la mida dels triangles a la superfície disminueix. De la mateixa manera en el cas dels 8 milions d'elements, el qual és la malla més petita estudiada, els seus elements són d'una mida superior. Aquests valors són introduïts en el propi set up del mallat i en tots es segueix la tendència d'introduir els valors més petits en els elements més significatius de l'estudi. Com en les crepines, principalment les esclatxes i la sorra que està en contacte amb les pròpies crepines.

Taula 5: Mida màxima dels triangles de les diferents malles simulades que formen el mallat de diferents superfícies del filtre (dades en mm).

	36m	26m	18m	11m	8m
Inlet	2	2,5	3	4	4,5
Difusor	2	2,5	3	4	4,5
Sorra paret crepines	0,6	0,67	0,8	1	1,2
Sorra esclletxa	0,2	0,25	0,3	0,4	0,45
Crepina esclletxa	0,2	0,25	0,3	0,4	0,45
Crepina paret	0,6	0,67	0,8	1	1,2
Crepina fons	0,6	0,67	0,8	1	1,2
Fons tub exit	2	2,5	3	4	4,5
Fons exit	2	2,5	3	4	4,5

La Taula 6 té unes propietats similars a l'anterior, però aquesta vegada els conjunts de cossos estudiats són els volums i no les superfícies. Els valors representats en aquesta taula corresponen a les dimensions màximes d'una aresta de cada triangle que forma el tetraedre que defineix el mallat del volum. D'igual forma que en el cas anterior, les malles amb major quantitat d'elements disposen d'unes mides inferiors que en els casos amb menor nombre d'elements. De la mateixa manera aquesta taula forma part del set up de configuració de l'ANSYS Fluent Els volums indicats són els presentats a la Figura 6.

Taula 6: Mida màxima dels tetraedres de les diferents malles simulades que formen el mallat dels diferents volums que formen el filtre (dades en mm).

	36m	26m	18m	11m	8m
Entrada	7	8	10	14	18,37
Superior	7	8	10	14	18,37
Sorra	7	8	10	14	18,37
Crepines	2	2,5	3	6	5,51
Fons	7	8	10	14	18,37

Tot seguit, a la

Taula 7, trobem el set up de dos elements diferenciadors de la pròpia geometria, és el cas dels dos cossos d'influència. Es tracta de dos cilindres, un superior i un altre inferior, que tenen la finalitat de fixar la mida màxima dels elements en la regió que ocupen. Ambdós cossos són eliminats posteriorment al mallat.

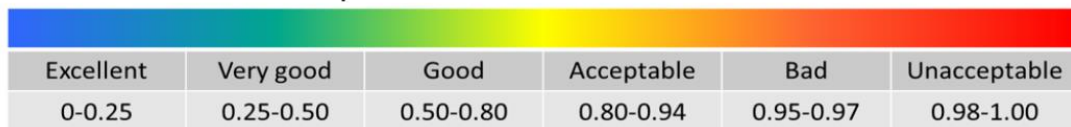
Taula 7: Per a cada malla simulada, mida màxima del mallat en els cossos d'influència (dades en mm).

	36m	26m	18m	11m	8m
Superior	2	2,5	3	4	5,51
Inferior	2	2,5	3	4	5,51

La Taula 8 mostra els principals indicadors de la qualitat de malla dels casos anteriorment comentats. Els valors obtinguts són els referents als valors màxims i/o mínims, i mitjans dels indicadors de qualitat de la malla com són: l'skewness, la relació d'aspecte i la qualitat ortogonal.

L'skewness i la qualitat ortogonal són paràmetres que procedeixen de la relació dels angles dels triangles que formen les superfícies dels tetraedres del mallat. Els valors d'aquests paràmetres venen tabulats indicant uns rangs d'acceptació. En cas que els valors màxims del Skewness o mínims de la qualitat ortogonal estiguin fora dels valors d'acceptació caldrà modificar les mides dels elements anteriorment definits per millorar-los. La Figura 14 mostra els rangs d'aquests paràmetres en funció de la seva qualitat.

Skewness mesh metrics spectrum



Orthogonal Quality mesh metrics spectrum

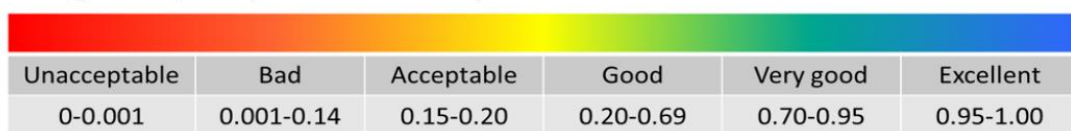


Figura 14: Rang de valors i valoració de la mètrica de malla

L'altre paràmetre a tenir en compte amb la mètrica de malla és el referent a la relació d'aspecte el qual es definit per la relació entre l'aresta llarga del triangle respecte a la curta. La Figura 15 així ho mostra. Aspect ratios per sota de 20 són considerats com acceptables.

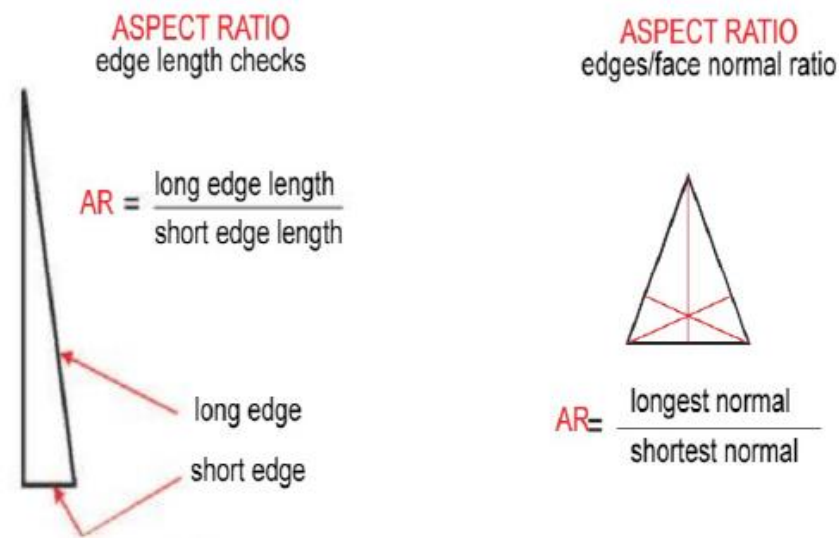


Figura 15: Representació de l'obtenció de la relació d'aspecte dels mallats.

Taula 8: Indicadors de qualitat de malla.

	36m	26m	18m	11m	8m
Max Skewness	0,861	0,856	0,873	0,915	0,887
Mean Skewness	0,228	0,231	0,233	0,232	0,235
Max Aspect ratio	16,3	15,8	16,1	23,2	42,2
Mean Aspect ratio	1,16	1,16	1,89	1,89	1,89
Min Orthogonal quality	0,139	0,142	0,127	0,085	0,113
Mean Orthogonal quality	0,771	0,767	0,765	0,766	0,764

La majoria d'indicadors de qualitat de malla compleixen amb els valors acceptables i es troben dintre dels marges mostrats anteriorment. Els casos amb menys elements tenen mètriques més dolentes pel fet que és més difícil refinar la malla en el model.

Finalment, la Taula 9 mostra els resultats de cabal i pressió a l'entrada i a la sortida del filtre T17B per als models amb diferents malles. Tots els casos corresponen a la configuració i simulació del filtre T17B el qual disposa de 17 crepines troncocòniques. Simulats a 30 cm de sorra i amb un cabal d'aigua per a tot el filtre de 6 m³/h. Els valors fixats en la simulació són la velocitat a la sortida i la pressió a l'entrada. Les dades del model s'han tractat com es descriu més endavant en l'apartat 4.2.5.

Estudi de l'efecte de diferents tipus de crepines en la caiguda de pressió de filtre de sorra

Taula 9: Resultats de pressions i cabals massics amb els diferents mallats.

	36m	26m	18m	11m	8m
Cabal massic entrada (Kg/s)	0,831	0,829	0,829	0,827	0,825
Cabal massic sortida (Kg/s)	0,831	0,829	0,829	0,827	0,825
Diferencia cabals massics entrada-sortida (Kg/s)	0,000240	-0,000010	0,000160	0,000150	0
Diferencia cabals massics (%)	0,0289	-0,00120	0,01930	0,01814	0,00000
Pressió entrada (Pa)	209188,6	209189,5	209189,3	209190,1	209191,2
Pressió sortida (Pa)	198956,8	198964,1	198950,5	198926,6	198923,7
Diferencia presions entrada-sortida (Pa)	10231,8	10225,4	10238,8	10263,5	10267,5
Desviació estàndar entrada	1,026	2,27	0,485	0,225	0,009
Desviació estàndar sortida	1,045	3,046	1,061	0,800	0,316

Un cop es tenen les dades anteriors, és el moment d'observar quina és la sensibilitat del model a canvis en el mallat. Per visualitzar amb facilitat aquest comportament es procedeix a la creació de la Figura 16 on es mostra la caiguda de pressió per a tot el filtre en funció del tipus de mallat.

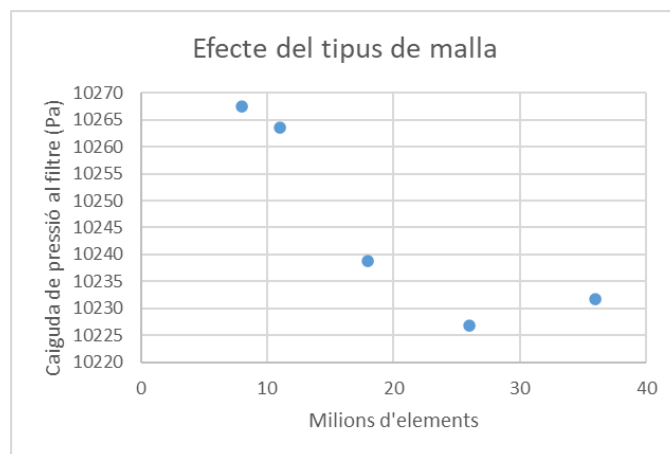


Figura 16: Caiguda de pressió per al model T17B amb diferents malles.

A mesura que augmenta el nombre d'elements utilitzats, s'espera que la simulació sigui més precisa i, per tant, que els resultats tendeixin a donar un mateix valor. Amb una primera visualització es poden descartar les malles de 8 i 11 milions, ja que es troben allunyades de les opcions amb més elements estudiades. Per poder fer una valoració més acurada i prendre una decisió sobre la malla a utilitzar es procedeix a realitzar un estudi percentual de quina diferència existeix entre cada tipus de malla respecte al cas de 36 milions d'elements, el qual en disposar d'una major quantitat d'elements, se suposa que serà el més precís. Els resultats obtinguts es mostren a la Taula 10.

Taula 10: Diferències de caigudes de pressions d'un mateix filtre amb diferents mallats.

Malla	Caiguda de pressió (Pa)	Diferència percentual (%)
36 milions	10231,8	0
26 milions	10226,8	-0,0489
18 milions	10238,8	0,0684
11 milions	10263,5	0,3098
8 milions	10267,5	0,3489

Una vegada calculada la diferència percentual veiem que les variacions entre realitzar l'estudi amb un mallat de 36, 26 o 18 milions són escasses, les quals es mouen al voltant del 0,05%. Per tant es decideix realitzar la totalitat dels càlculs i de l'estudi mitjançant les característiques d'una malla de 18 milions d'elements degut a que el temps de càlcul de programari es redueix molt en comparació amb les malles 26m i 36m. Això permet estudiar una major quantitat de casos sense perdre precisió.

4.2.2 Configuració del solver

Per procedir a realitzar una simulació correcta de l'estudi és important imposar una sèrie de condicions que aproximïn a la realitat els models de filtre creats. Per realitzar-lo cal assignar una sèrie de condicions en la configuració de cada model. La Figura 17 mostra el perfil de l'arbre de comandes que permet caracteritzar el model depenent de les condicions als que estarà sotmès.

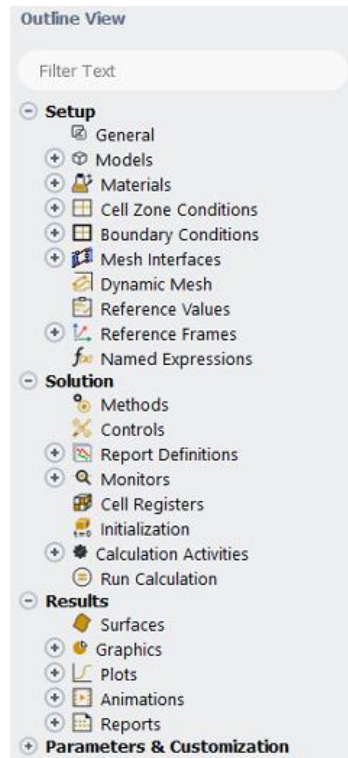


Figura 17: Vista general de l'arbre de configuració del model.

Dintre del Setup el primer pas que cal realitzar tal com mostra la Figura 18 és la d'introduir l'acceleració de la gravetat a l'estudi. D'acord amb els eixos de coordenades utilitzats en aquest estudi, la gravetat queda definida com una acceleració negativa en l'eix Y amb un valor de $-9,81 \text{ m/s}^2$.

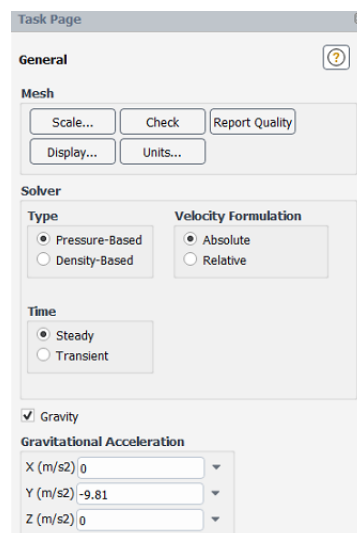


Figura 18: Vista de la configuració general del Setup.

Un cop introduït el terme de la gravetat a l'estudi es procedeix a definir el fluid existent en cada volum dels dominis. En el cas dels filtres, el fluid és aigua líquida. En els volums on es troba sorra, a més, cal definir una porositat i uns termes per definir la resistència a l'avanç de

l'aigua, la qual com mostra la Figura 19 ve definida per diferents paràmetres. Primerament és important introduir els valors de la resistència a la viscositat els quals reben el valor de la inversa de la permeabilitat obtinguts mitjançant l'ajust de l'equació d'Ergun al tipus de sorra que s'utilitza. Com es pot veure reben el mateix valor per totes les direccions, ja que la sorra es considera homogènia. Un altre valor important és el de la porositat del fluid (= 0,385). Tots aquests valors s'obtenen de Pujol et al. (2020).

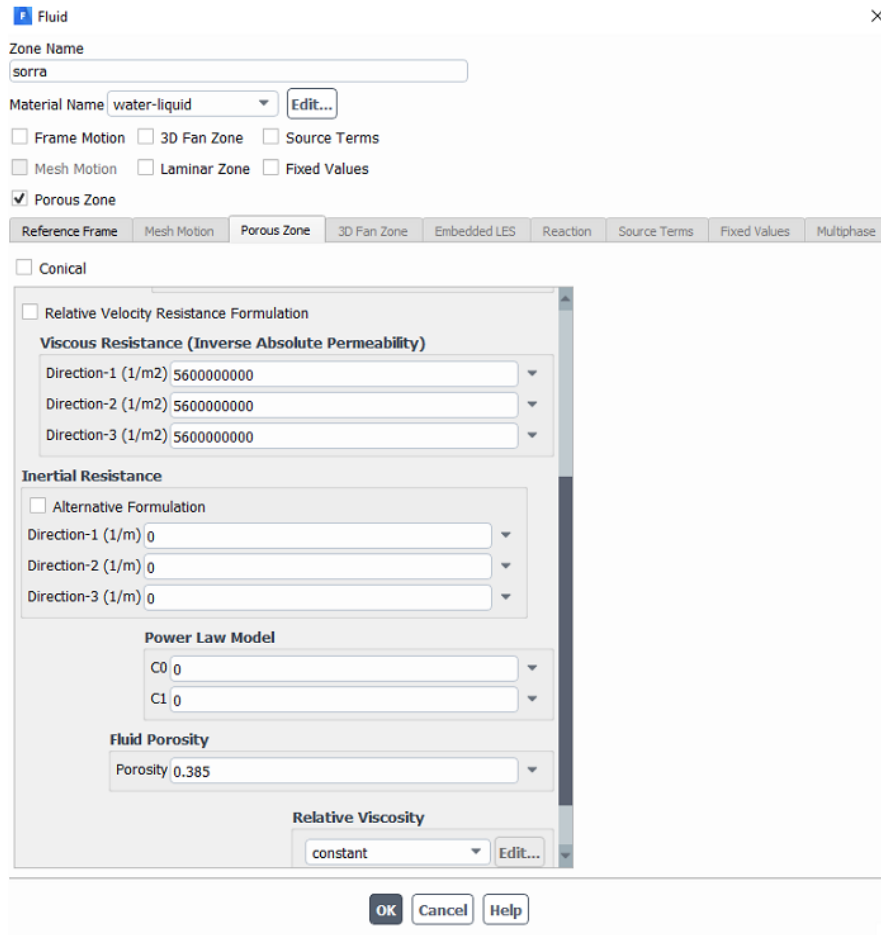


Figura 19: Característiques de la sorra.

Seguidament es procedeix a realitzar la definició de les condicions de contorn per a les diferents superfícies existents en la geometria del filtre. La Figura 20 mostra de manera ordenada les superfícies representades. El primer grup on en troba l'entrada i el fons han de rebre uns valors inicials per a les condicions de contorn. L'entrada disposarà d'una pressió model de 210000Pa (condició pressure inlet) mentre que a la sortida el fluid sortirà a una velocitat determinada depenent de cada mode de filtració (condició velocity inlet). Seguidament es mostra les superfícies que es troben en contacte entre si (condició interface) i a continuació els volums interiors de la geometria. No mostrades a la figura, però igualment importants, són la definició de les superfícies del pla de simetria (condició symmetry) i totes aquelles que es comporten com a parets físiques (condició wall no-slip).

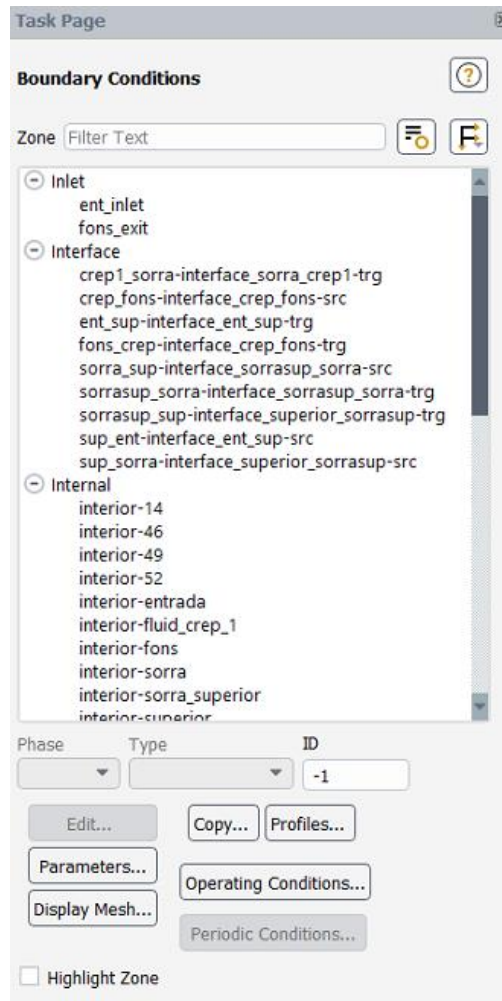


Figura 20: Condicions de contorn de les superfícies.

El següent bloc de la configuració és el referent a l'esquema numèric per a resoldre les equacions. La Figura 21 mostra les diferents variants emprades pel càlcul on primer de tot s'ha procedit a indicar que la realització de la solució de les equacions es realitzi acoblament (coupled), ja que aporta uns resultats amb major precisió. Seguidament es procedeix a definir l'esquema utilitzat per definir les discretitzacions espacials, escollint tots els mètodes de segon ordre. Que aporten solucions més precises que els de primer.

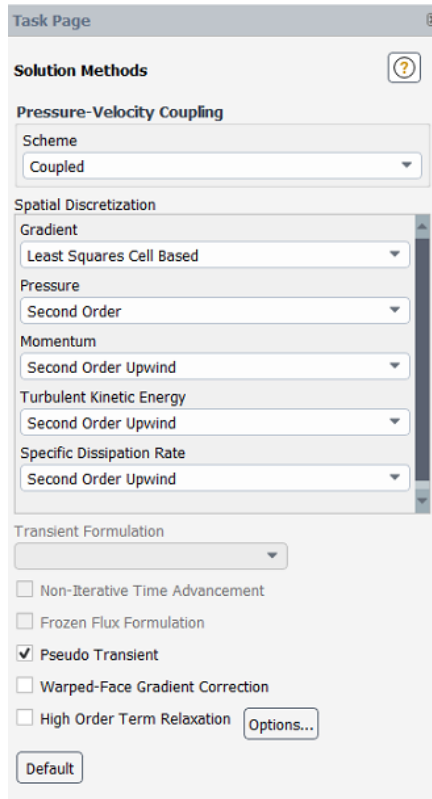


Figura 21: Mètodes de càlcul.

Un cop definits els mètodes de càlcul es procedeix a crear els arxius de sortida per monitoritzar la solució. En aquest cas s'estudien els cabals màssics i pressions a l'entrada i sortida del filtre. Com es pot veure a la Figura 22 on es crea la variable de la pressió a la sortida es procedeix a indicar la superfície on s'obindrà el valor i que es tracta de pressió estàtica.

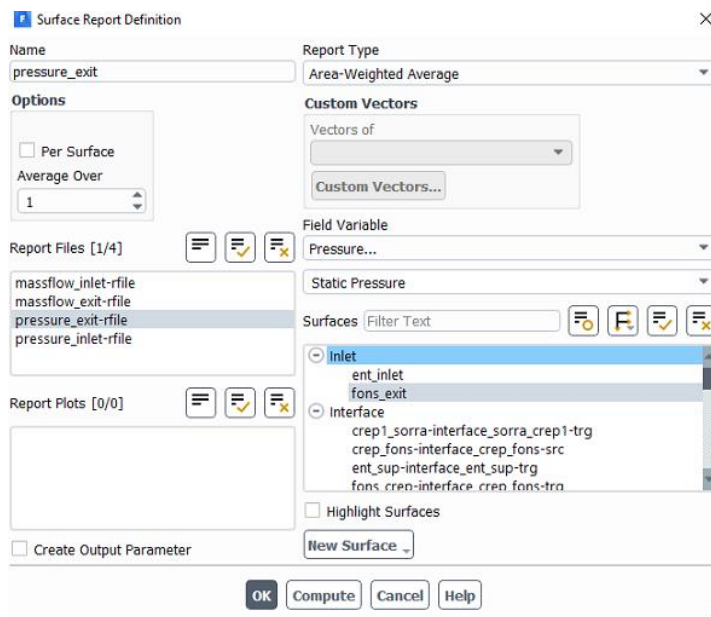


Figura 22: Creació de les variables a estudi.

Estudi de l'efecte de diferents tipus de crepines en la caiguda de pressió de filtre de sorra

Seguidament cal definir dades els valors dels residuals. Amb el monitor de la Figura 23 es defineixen uns valors objectiu per als residuals de totes les equacions igual a 10^{-5} .

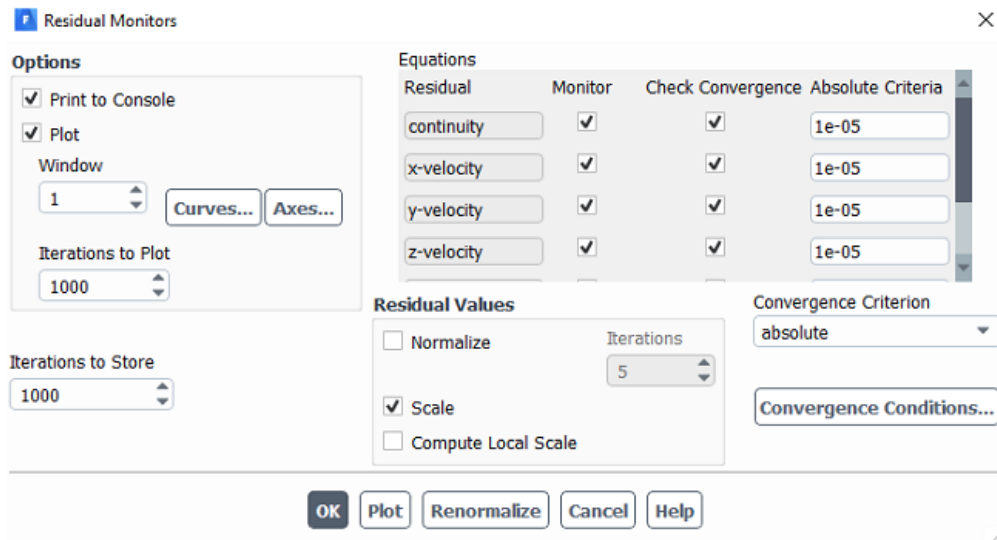


Figura 23: Monitor de residualitat de les variables.

Finalment s'executa el programa per obtenir els resultats de la simulació. En el cas de l'estudi es fixa, unes 10000 iteracions, com es pot veure a la Figura 24. Tot i això, molt abans (al voltant de 4000 iteracions) ja sol arribar a l'estat estacionari.

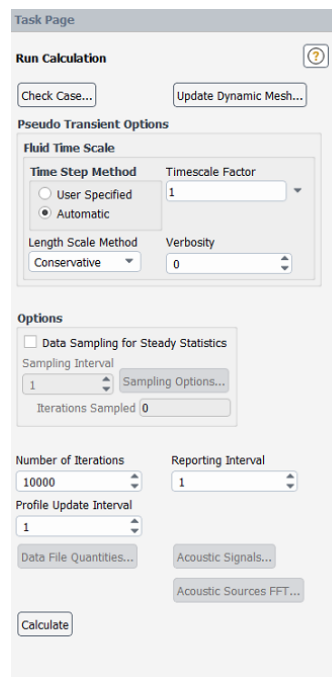


Figura 24: Definició dels paràmetres d'execució.

4.2.3 Mètode de resolució

Un cop decidit que l'estudi es realitza amb les característiques del mallat de 18 milions d'elements es procedeix a comprovar l'estudi amb altres propietats del model. Les quatre

possibles variacions que s'estudien es compararan amb la caiguda de pressió obtinguda en el mallat de 18 milions estudiat anteriorment.

La primera variació es basarà en la implicació del terme de la gravetat al procés de filtració del fluid. Els valors obtinguts amb anterioritat es negligia l'aspecte gravitatori en la comparació entre mallats perquè s'entenia que el flux estava principalment conduït per la quantitat de moviment fixada a l'entrada.

La segona variació tracta d'un canvi del model de turbulència ignorant l'efecte de la gravetat. Els casos simulats en l'estudi de sensibilitat de malla aplicaven un model de turbulència SST k-w. El qual és un model de turbulència que es caracteritza per tractar de manera precisa i robusta una àmplia gama de fluxos. Conté una formulació modificada de la viscositat turbulenta. Aquí es compara amb els resultats obtinguts amb un model k-e. El model k-e satisfà diferents restriccions matemàtiques del tensor d'esforços de Reynolds consistentes amb la física de fluxos turbulents. És el model de turbulència d'enginyeria més utilitzat, ja que es caracteritza per la seva robustesa i disposa de submodels per a la compressibilitat, flotabilitat i combustió.

La tercera variació és la incidència de la capa superficial formada per 10 capes de prismes en comptes de 5. Aquestes capes de prismes triangulars s'originen a les superfícies físiques del model a partir d'extrusionar els triangles que les defineixen. A mesura que s'allunya de la superfície, l'altura d'aquests prismes és un 20% superior a l'anterior.

Per últim es realitza un estudi comparatiu en el cas en el qual la rugositat superficial sigui de 0,1 mm mentre que en les simulacions de les taules 4-10 totes les superfícies es suposaven de caràcter llis.

Un cop obtinguts els valors de la caiguda de pressió amb aquestes noves condicions es comparen amb la simulació base mitjançant la diferència percentual a la Taula 11.

Taula 11: Diferències percentuals causades per les noves condicions respecte a les inicials.

Variacions	Caiguda de pressió (Pa)	Diferència percentual (%)
Filtració amb gravetat	10238,60	-0,0020
Turbulència k-e	10259,80	0,2051
Capa de 10 prismes	10258,00	0,1875
Superfície rugosa	10244,00	0,0508

Com es pot comprovar amb les diferències percentuals obtingudes a la Taula 11 les variacions realitzades aporten unes diferències inferiors al 0,25% en tots els casos. Degut a això

es pot afirmar que realitzar aquest estudi comparatiu amb unes condicions diferents de la configuració inicial no comportaria canvis significatius. Malgrat això es procedeix a realitzar l'estudi total realitzant una filtració amb gravetat per simular les condicions normals del filtre encara que es pot veure que la diferència, si no es té en compte, és d'un 0,0020%.

4.2.4 *Tractament de dades*

Amb la finalitat de poder realitzar un estudi satisfactori és important disposar d'unes dades de qualitat. Una vegada disposats dels diferents models geomètrics dissenyats i preparats correctament amb el mallat i configuració corresponents, es procedeix a realitzar el càlcul. Mitjançant el programari d'ANSYS Fluent i ANSYS CFD post s'extreuen les dades mostrades en el capítol 5. Aquestes dades són tant qualitatives com quantitatives. Les dades quantitatives que aquí es faran servir seran els cabals màssics i la pressió en els punts d'entrada i sortida del filtre per a cada iteració. Al disposar de quatre paràmetres (cabals màssics a l'entrada i sortida i pressions a l'entrada i a la sortida) diferents per a cadascun dels 10 models representats al capítol 3 en els 4 modes diferents de simulació (llit de 30cm de sorra, 16 cm de sorra, sense sorra i contrarentat) la quantitat de dades és molt extensa i és important realitzar una correcta classificació. Per poder disposar d'un bon ordre es procedeix a la creació d'un full de càlcul per a cada model de filtre. Dins de cada full de càlcul hi ha diferents fulles per diferenciar els diferents modes de filtració. D'aquesta manera es disposen de manera ordenada els quatre paràmetres principals obtinguts durant la simulació.

Un altre factor característic i imprescindible per obtenir uns resultats fiables és disposar d'una quantitat de dades suficients. És a dir, realitzar les iteracions convenientes per a cada mode i model fins a arribar a un estat d'estabilitat que ens indiqui que el procés ha assolit una situació estacionària. El nombre d'iteracions emprat per a cada model i mode ha variat en funció de les necessitats i el temps d'estabilització pertinent, ja que si es realitzen poques iteracions, els primers valors obtinguts dels paràmetres no són vàlids.

Per comprovar de manera visual que les iteracions emprades en la simulació són suficients es procedeix a la creació de quatre gràfiques en les quals es representen els valors obtinguts dels diferents paràmetres estudiats. En l'exemple que es mostra a continuació, la simulació ha estat realitzada amb el model de filtre T17B amb unes condicions de 30 cm de sorra i un cabal d'entrada de 6 m³/h. La Figura 25 mostra les dades del cabal màssic a la sortida del filtre mentre que a la Figura 26 és el cabal màssic a l'entrada. De la mateixa manera la Figura 27 i la Figura 28 representen les dades obtingudes en concepte de pressions de sortida i d'entrada del mateix filtre, respectivament.

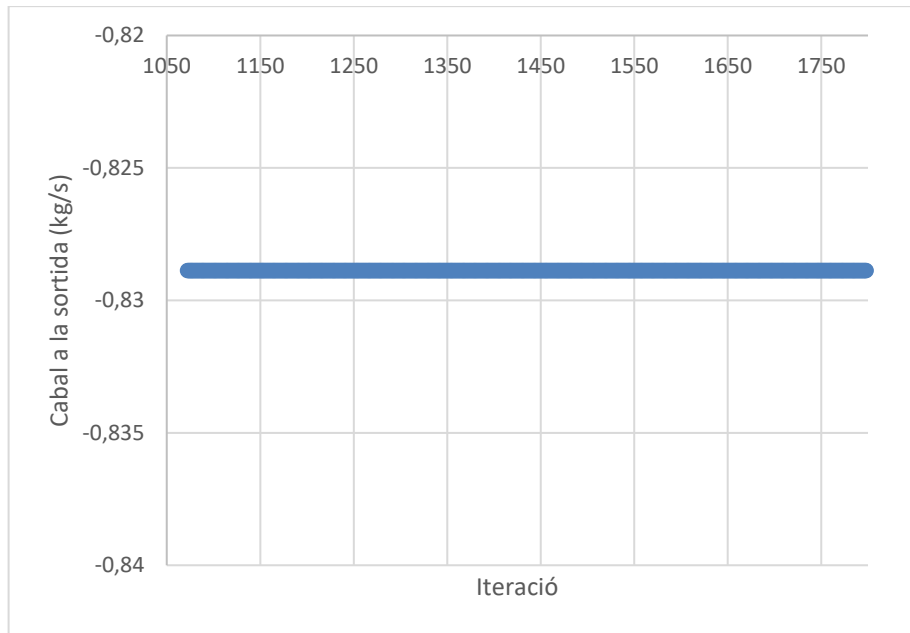


Figura 25: Cabal màssic a la sortida del filtre T17B en condicions de velocitat = 1,275m/s a la sortida i llit de sorra de 30 cm. (Elaboració pròpia).

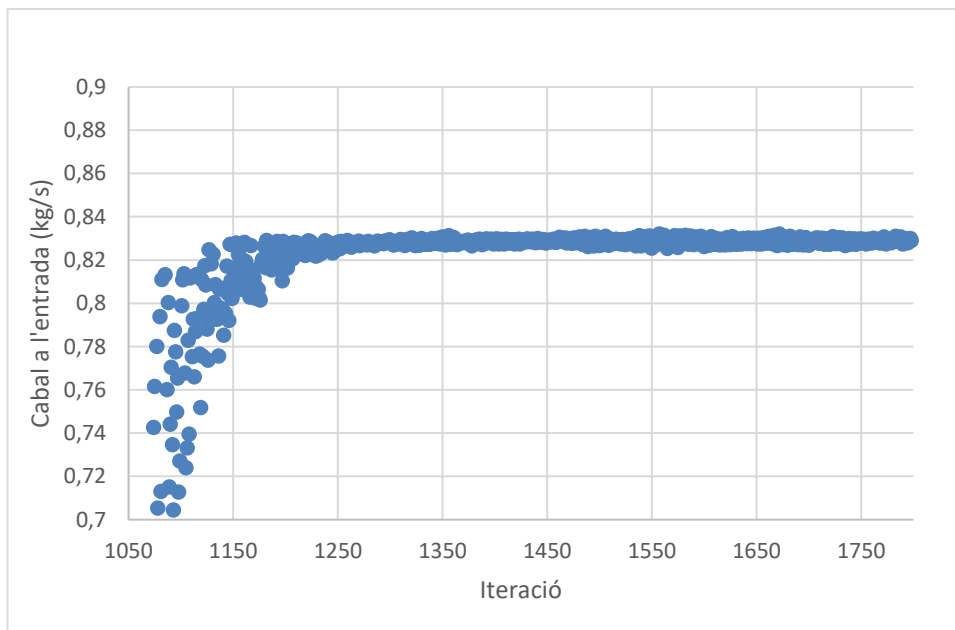


Figura 26: Cabal màssic a l'entrada del filtre T17B en condicions de velocitat = 1,275 m/s a la sortida i llit de sorra de 30 cm. (Elaboració pròpia).

Estudi de l'efecte de diferents tipus de crepines en la caiguda de pressió de filtre de sorra

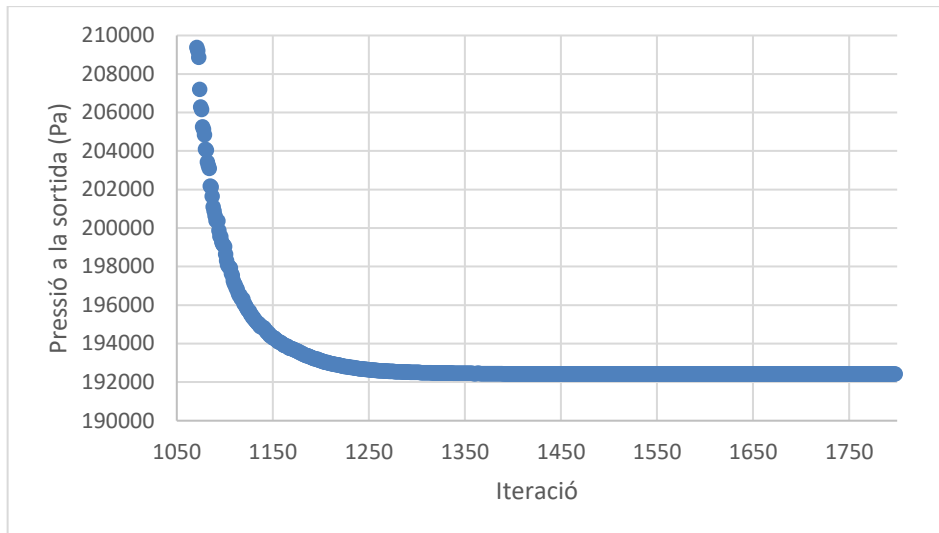


Figura 27: Pressió a la sortida del filtre T17B en condicions de velocitat = 1,275 m/s a la sortida i llit de sorra de 30 cm. (Elaboració pròpia).

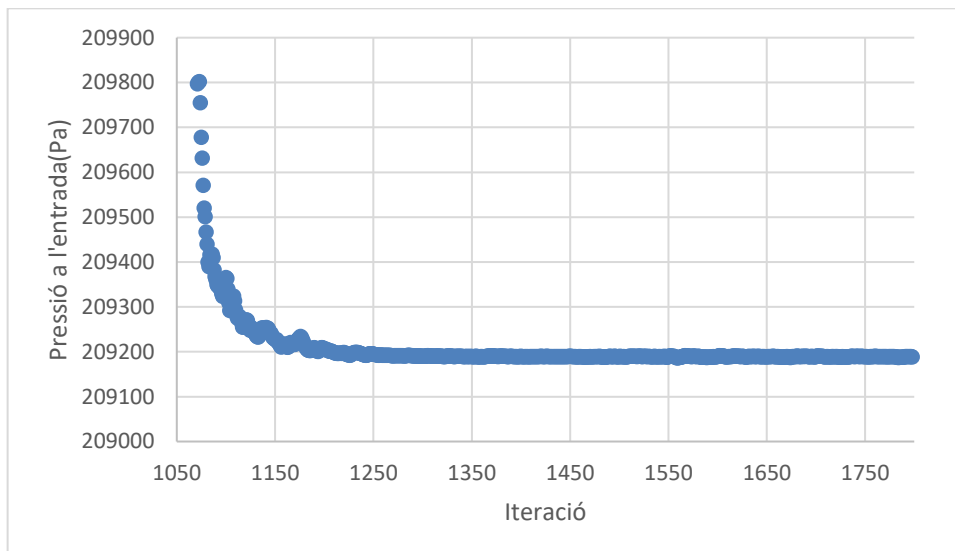


Figura 28: Pressió a l'entrada del filtre T17B en condicions de velocitat = 1,275 m/s a l'entrada i llit de sorra de 30 cm. (Elaboració pròpia).

Com es pot veure en les representacions gràfiques anteriors es realitzen les iteracions necessàries fins al punt en el qual es pot comprovar que el comportament de la variable es considera constant, en cas contrari, en el que no s'arribés a una estabilització, es continuarien realitzant iteracions.

Per a realitzar les comparacions i els estudis pertinents s'adquireixen els valors mitjans de les darreres 150 iteracions de cada model. D'aquesta manera es disposen d'uns valors que permeten assegurar la qualitat dels resultats, ja que la variació de les dades en les iteracions on s'adquireixen les mateixes són menors al 0,1% respecte al valor mitjà.

Com es pot veure a la Figura 29 i Figura 30 on es representen les darreres 150 iteracions dels mateixos gràfics de pressió es pot comprovar les petites fluctuacions que existeixen en les dades. Degut aquest motiu els valors amb els quals es mostren els resultats en el capítol 5 es poden considerar de gran qualitat, ja que no existeixen variacions que puguin afectar el resultat final. En qualsevol cas, sempre s'ha calculat la desviació estàndard de les 150 dades de mostra i l'error estàndard ha estat inferior al 0,5% del valor mitjà.

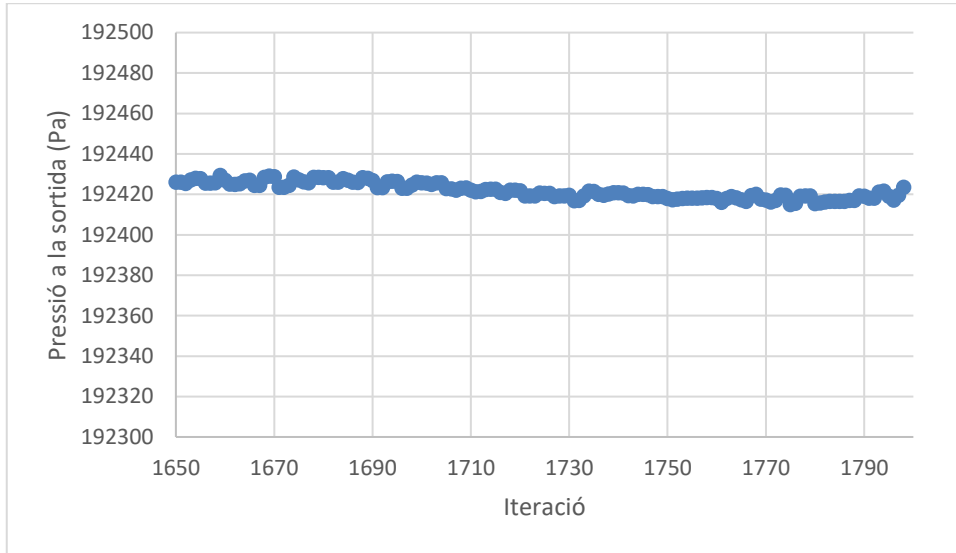


Figura 29: Darreres 150 iteracions dels valors de pressió a la sortida del filtre de la figura 19 (Elaboració pròpia).

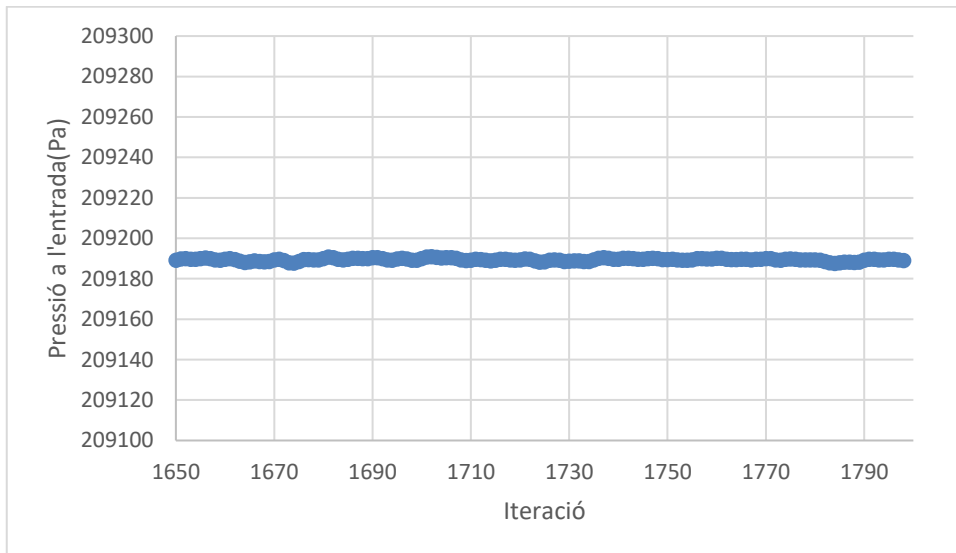


Figura 30: Darreres 150 iteracions dels valors de pressió a l'entrada del filtre de la figura 20 (Elaboració pròpia).

4.3 Validació

Per poder donar per vàlid un estudi numèric és important fer una comprovació que permeti acceptar la configuració del model. Per fer-lo, habitualment es procedeix a realitzar una comparativa entre dades simulades i valors obtinguts amb experiments. En cas aquest, Pujol et al. (2020) van comparar els valors de caiguda de pressió d'un muntatge experimental en vers una simulació amb CFD de les mateixes característiques que el cas de la malla 18m comentada anteriorment.

La Figura 31 mostra els valors obtinguts de caiguda de pressió entre el model experimental i la simulació CFD pel model de braços (B1) en diferents modes de filtració. La major diferència entre els dos casos es trobava en el mode de filtració amb un llit de sorra de 30 cm d'alçada i un cabal de 12 m³/h. Aquesta diferència màxima se situava en un 2,3% respecte a ambdós casos.

Per tant, la configuració del model de simulació (malla, condicions de contorn, inicials, mètode numèric aplicat, etc.) es pot acceptar com a vàlida. Cal notar que els valors obtinguts en el present treball per a la caiguda de pressió amb un filtre amb les mateixes condicions que les de la Figura 31 són inferiors degut a que Pujol et al. (2020) consideraven, també, uns trams de canonada addicionals al filtre per tal de reproduir exactament les condicions de l'experiment.

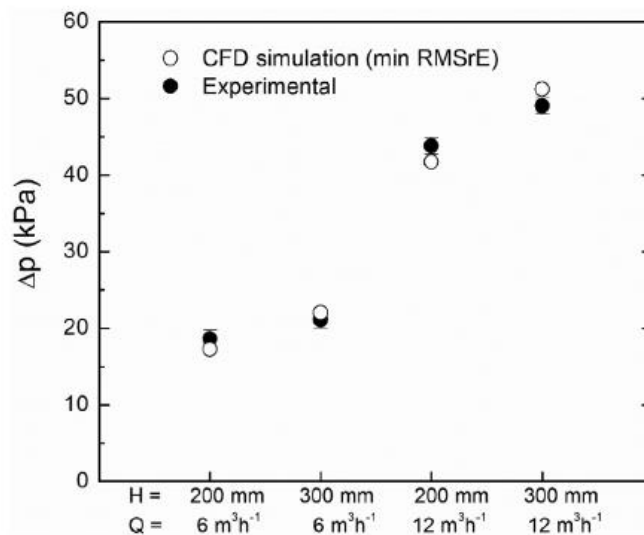


Figura 31: Comparativa de caiguda de pressió entre model experimental i simulació CFD per a la configuració de l'ANSYS-Fluent utilitzada en el present estudi (Pujol et al., 2020).

5 RESULTATS I DISCUSSIÓ

5.1 Pèrdua de càrrega del filtre

Per dur a terme aquest estudi s'han simulat diferents condicions en les quals es poden trobar els filtres en la seva rutina diària i en els que es procedirà a comparar entre tots els models estudiats quins presenten millors condicions. Un dels paràmetres més importants a tenir en compte és la caiguda de pressió entre l'entrada i la sortida del fluid del propi filtre. Aquest valor indicarà quin filtre necessitarà menor energia i serà per tant el més eficient des del punt de vista energètic.

5.1.1 Filtració amb sorra a 30 cm

a) Velocitat a 2,55 m/s

El primer model estudiat entre els diferents filtres creats ha estat la comparativa de pèrdues de càrrega produïdes a l'interior del filtre en unes condicions de velocitat mitjana d'entrada del fluid de 2,55m/s o l'equivalent a un cabal de 12 m³/h. En aquest cas el llit de sorra disposava d'unes dimensions de 30 cm d'alçada des del punt mitjà dels elements filtrants. El resultat obtingut és el presentat a la Figura 32.

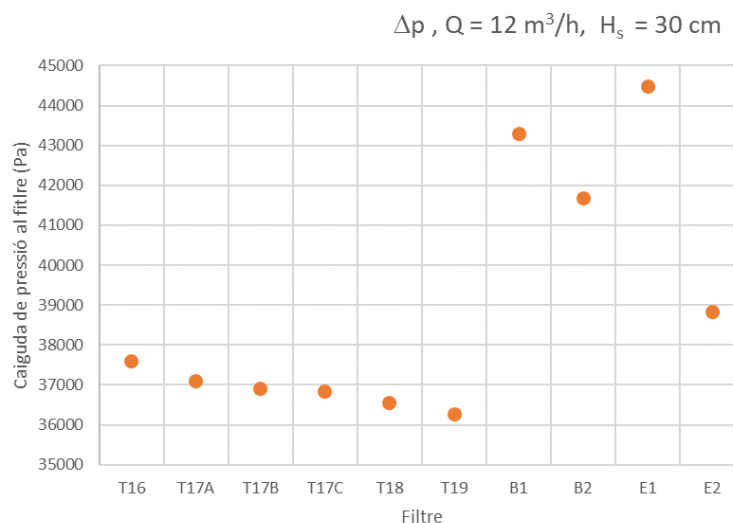


Figura 32: Caiguda de pressió total per a cada filtre en condicions de cabal de 12 m³/h i 30 cm de sorra.

És fàcilment distingible la gran diferència existent entre els filtres que funcionen amb un sistema de crepines en comparativa amb els de braços o estrella. Com es pot apreciar la tendència indica que tots els models de crepines emprats milloren considerablement la resta de models demostrant-se com la millor opció per a les condicions citades el filtre amb 19 crepines troncocòniques. També és destacable la diferència considerable obtinguda entre els

dos models de filtres d'estrella, on amb la mateixa àrea de pas existeix una gran variabilitat en la caiguda de pressió. Situant el segon model d'estrella com la millor opció en cas de no tenir en compte els filtres amb crepines.

b) Velocitat a 1,275 m/s

El segon estudi realitzat s'ha basat a mantenir la mateixa quantitat de sorra que en el cas anterior on el llit es situa als 30 cm d'alçada i variant en aquest cas la velocitat o cabal del fluid. En aquesta nova comparativa la velocitat mitjana d'entrada del fluid és de 1,275 m/s, l'equivalent a un cabal de 6 m³/h.

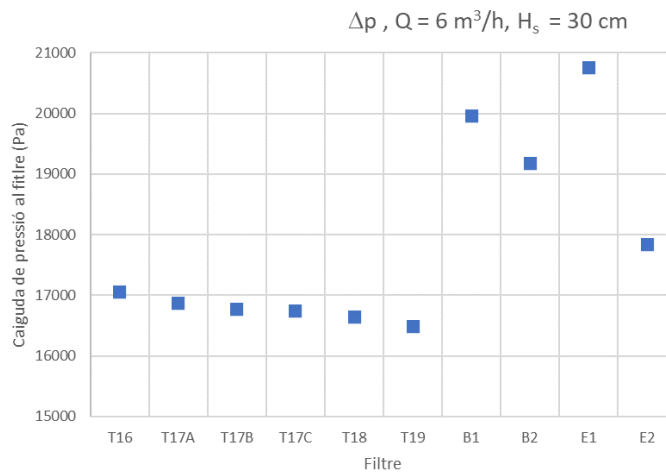


Figura 33: Caiguda de pressió total per a cada filtre en condicions de cabal de 6 m³/h i 30 cm de sorra.

A la Figura 33 veiem representats els valors mitjans de la caiguda de pressió de les darreres 150 iteracions en les condicions de sorra i velocitat descrits amb anterioritat. El resultat obtingut com era d'esperar una vegada analitzat el cas anterior és semblant tot i que amb una caiguda de pressió total per al filtre més baixa (una mica més de la meitat que en el cas de 12 m³/h). La tendència descrita en l'apartat anterior continua mantenint-se on els filtres amb sistema de filtració per crepines aporten uns resultats molt satisfactoris en comparació als braços col·lectors i els filtres en estrella. De la mateixa manera la diferència de caiguda de pressió entre els diferents filtres amb crepines troncocòniques no és molt considerable. Malgrat això el millor model és el filtre amb 19 crepines (més àrea de pas).

5.1.2 Filtració amb sorra a 16 cm

a) Velocitat a 2,55 m/s

En aquest nou estudi la diferència principal es situa en les dimensions del llit de sorra utilitzat. La nova alçada de sorra es troba a 16,3 centímetres per sobre del nivell mitjà dels elements filtrants. La velocitat mitjana d'entrada (o de sortida) en aquesta comparativa és de

Estudi de l'efecte de diferents tipus de crepines en la caiguda de pressió de filtre de sorra

2,55 m/s, corresponent a un cabal de 12 m³/h. La Figura 34 ens representa els valors obtinguts en les simulacions on de la mateixa manera que en els models anteriors la tendència de les crepines troncocòniques com a millor opció continua vigent. Cal destacar la diferència considerable obtinguda en la caiguda de pressió mitjana de cada model en vers als resultats obtinguts a la Figura 32 on degut a la diferència de quantitat de sorra la reducció en la caiguda de pressió en el primer bloc de l'estudi és molt considerable (d'uns 13 kPa en la majoria dels casos). Pel que fa als filtres amb braços col·lectors es continuen situant en una posició en clara desavantatge respecte als filtres amb crepines troncocòniques però sempre amb caigudes de pressions inferiors que el primer model de filtre amb estrella que es caracteritza per obtenir els pitjors resultats en els diferents estudis amb diferents condicions de funcionament.

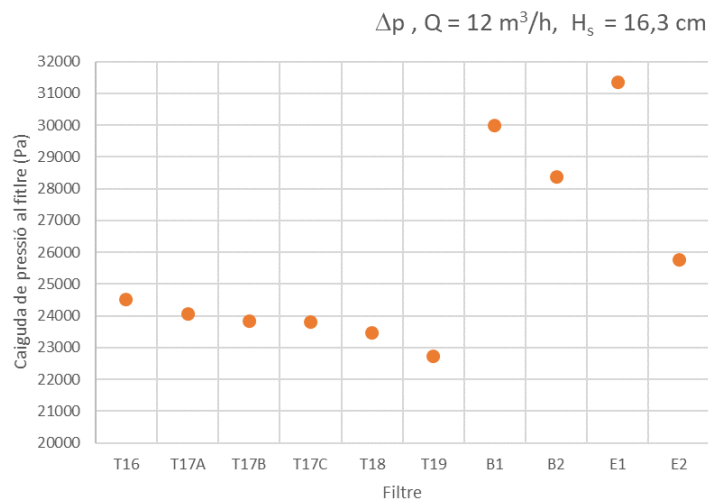


Figura 34: Caiguda de pressió total per a cada filtre en condicions de cabal de 12 m³/h i 16,3 cm de sorra.

b) Velocitat a 1,275 m/s

En aquesta comparativa el nivell de sorra es manté en els 16,3 cm i el cabal es redueix fins als 6 m³/h. La tendència general representada a la Figura 35 continua sent la mateixa que en els 3 casos anteriors on les crepines troncocòniques es postulen com l'opció més eficient aportant unes pèrdues de càrrega notablement inferiors que en models diferents. Es continua veient evident que l'opció menys adequada en mode filtració és la formada pel primer filtre amb formació en estrella i que seguidament als models amb crepines troncocòniques l'opció més satisfactòria és el model en estrella 2. Aquest model disposa dels braços més llargs dividits en dues zones de filtració.

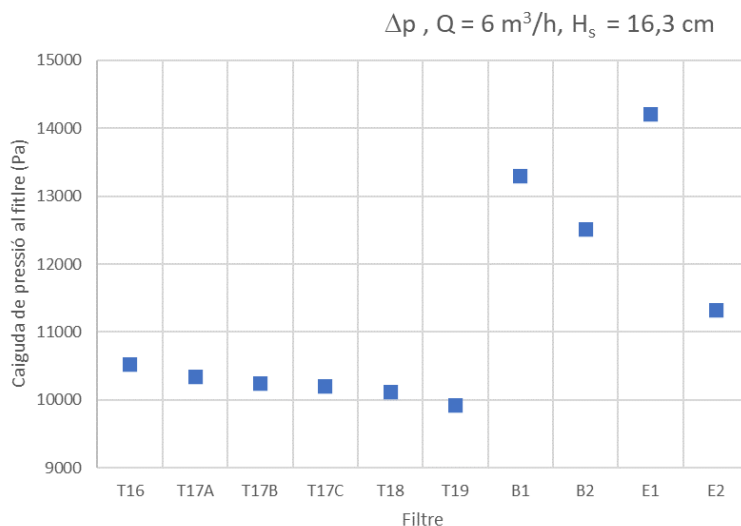


Figura 35: Caiguda de pressió total a cada filtre en condicions de cabal de $6 \text{ m}^3/\text{h}$ i $16,3 \text{ cm}$ de sorra.

En els diferents modes de filtració estudiats fins al moment s'ha pogut comprovar que existien diferències en termes de caiguda de pressió entre els 3 models de crepines troncocòniques amb 17 crepines (T17A, T17B, T17C). Aquests filtres disposen del mateix nombre de crepines i per tant la mateixa àrea de pas. Es pot comprovar a les Figures 32-35 que el filtre T17C obté els millors resultats mentre que el T17A els més desfavorables. Això és degut al fet que el disseny del filtre T17C és el que agrupa una distribució d'àrea superficial més equitativa per cada crepina.

5.1.3 Mode de filtració sense sorra

a) Velocitat a $2,55 \text{ m/s}$

El següent estudi que s'ha procedit a realitzar és el format per unes condicions de funcionament on el fluid creua per tot el filtre seguint el seu camí lògic però en aquest cas sense trobar l'oposició del llit de sorra que trobàvem en diferents alçades en els casos anteriors. Aquesta primera comparativa sense sorra es realitza amb la condició de velocitat més elevada, és a dir, amb un cabal de $12 \text{ m}^3/\text{h}$.

Estudi de l'efecte de diferents tipus de crepines en la caiguda de pressió de filtre de sorra

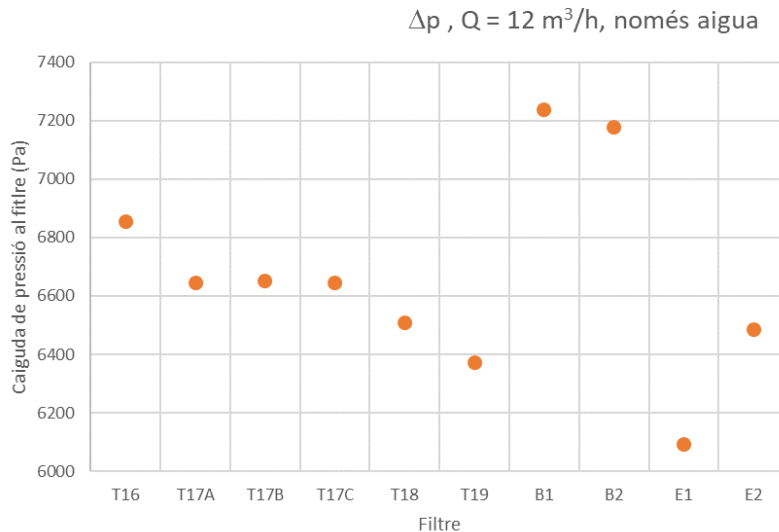


Figura 36: Caiguda de pressió total a cada filtre en condicions de cabal de $12 \text{ m}^3/\text{h}$ i sense sorra.

A la Figura 36 podem observar diversos canvis considerables respecte als casos anteriors. Primerament el fet que els valors de caiguda de pressió de cada filtre disminueixin considerablement és degut a que l'oposició que exercia anteriorment el llit de sorra ara no existeix i per tant el fluid travessa el filtre amb major facilitat. Per altra banda cal apreciar que la tendència vista en els processos de filtració amb sorra s'han vist alterats. En aquesta nova situació el filtre més eficient, amb menors pèrdues de càrrega, és aquell que amb les condicions anteriors de filtració s'erigia com el pitjor candidat, el primer model de filtre en estrella. En aquest cas sense sorra, les pèrdues de càrrega són només degudes als diferents elements hidràulics situats en el filtre: la diferència de secció entre l'entrada i el filtre, l'efecte del difusor, la diferència de seccions entre el filtre i la sortida i el pas per les crepines. Com el cabal és idèntic per a tots els casos, les pèrdues de càrrega hidràuliques a l'entrada, i al difusor s'espera que siguin molt semblants per a tots els filtres. Per això, la diferència de valors entre casos a la figura 25 només és degut al comportament hidràulic de la crepina i la sortida que té associada. En aquest cas de només aigua, el col·lector de l'estrella 1 és clarament el més eficient. Malgrat aquest canvi tan considerable en el guió, les crepines troncocòniques continuen en una posició preferent respecte als models amb braços col·lectors que en aquestes condicions assajades es mostren en la darrera posició.

b) Velocitat a $1,275 \text{ m/s}$

La Figura 37 mostra el resultat a l'estudi realitzat en les condicions de $6 \text{ m}^3/\text{h}$ de cabal o el que és el mateix $1,275 \text{ m/s}$. En aquest cas com en el vist anteriorment l'interior del filtre és buit de sorra i per tant s'estudia l'efecte de la filtració sense sorra. La caiguda de pressió representada és l'originada únicament pels diferents elements situats a l'interior del filtre com

són: crepines, difusor i parets. Novament es pot apreciar la tendència en la qual el primer model de filtre en estrella (E1) obté el valor més baix de caiguda de pressió considerant-se així el model més eficient. De manera més general es pot apreciar que la totalitat dels models amb crepines ofereixen millors resultats que els models formats amb braços col·lectors. Entre els quals destacar els de 18 i 19 crepines que són més eficients que els models amb menor nombre de crepines.

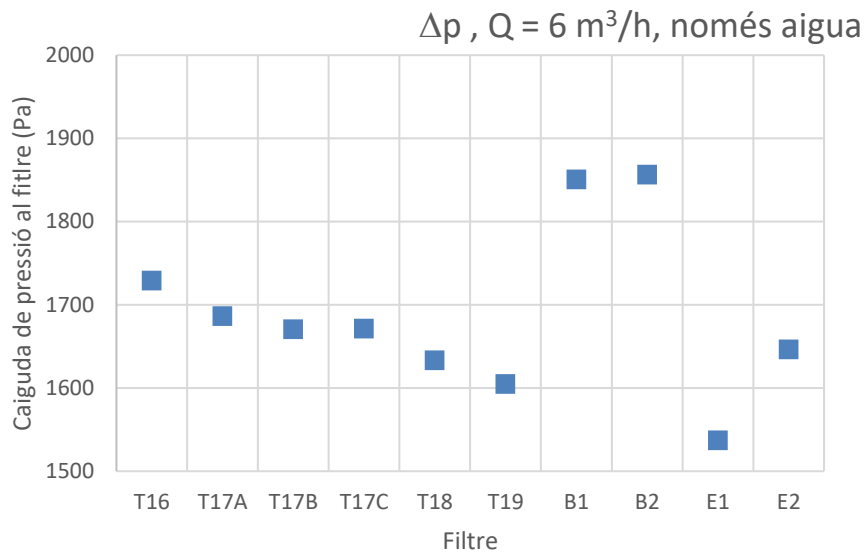


Figura 37: Caiguda de pressió total per a cada filtre en condicions de cabal de $6 \text{ m}^3/\text{h}$ i sense sorra

5.1.4 Mode a contrarentat

a) Velocitat a $2,55 \text{ m/s}$

Finalment es procedeix a estudiar l'efecte de les diferents geometries dissenyades en un mode de circulació a contrarentat. En aquest nou estudi es procedeix a introduir l'aigua en l'interior del filtre des de la part inferior per el tub que a la Figura 6 es considera com a sortida. En tots els casos no es suposa sorra. Com es pot veure reflectit a la Figura 38 en el mode de treball a contrarentat la tendència descrita és que els models amb menor pèrdues deguts a caiguda de pressió són aquells en els que els filtres funcionen amb crepines troncocòniques. T19 se situa com el filtre amb la menor caiguda de pressió. Els filtres en estrella es posicionen com els models menys eficients situant ara el E1 com el pitjor. En contraposició als estudis realitzats a la Figura 36 i Figura 37 on s'erigia com la millor opció.

Estudi de l'efecte de diferents tipus de crepines en la caiguda de pressió de filtre de sorra

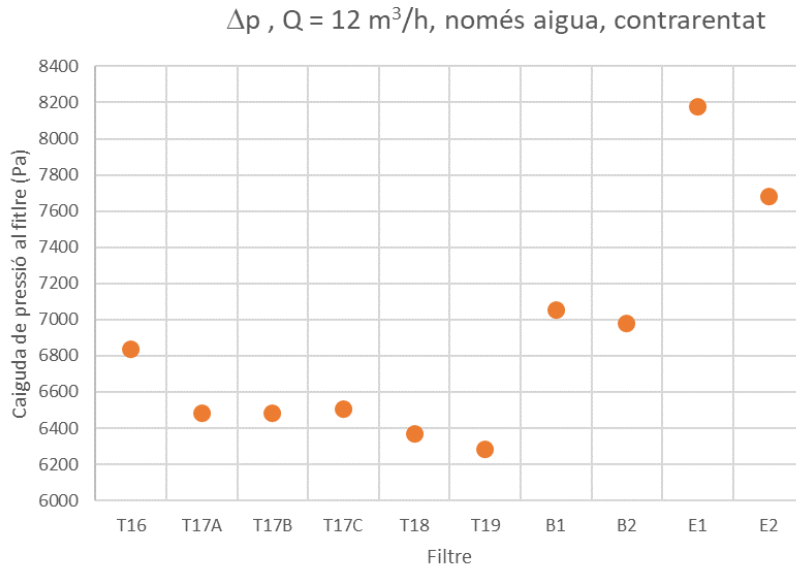


Figura 38: Caiguda de pressió total a cada filtre en condicions de cabal de $12 \text{ m}^3/\text{h}$ i a contrarentat sense sorra.

b) Velocitat a $1,275 \text{ m/s}$

A la Figura 39 veiem representat els valors de l'estudi en el cas d'unes condicions de cabal de $6 \text{ m}^3/\text{h}$. Els resultats obtinguts descriuen una tendència similar que en el cas anterior amb un cabal de $12 \text{ m}^3/\text{h}$. La diferència més rellevant es troba en els valors absoluts de caiguda de pressió on la diferenciació de cabals aporta uns valors d'entre el 70-75% inferiors en el cas del cabal de $6 \text{ m}^3/\text{h}$.

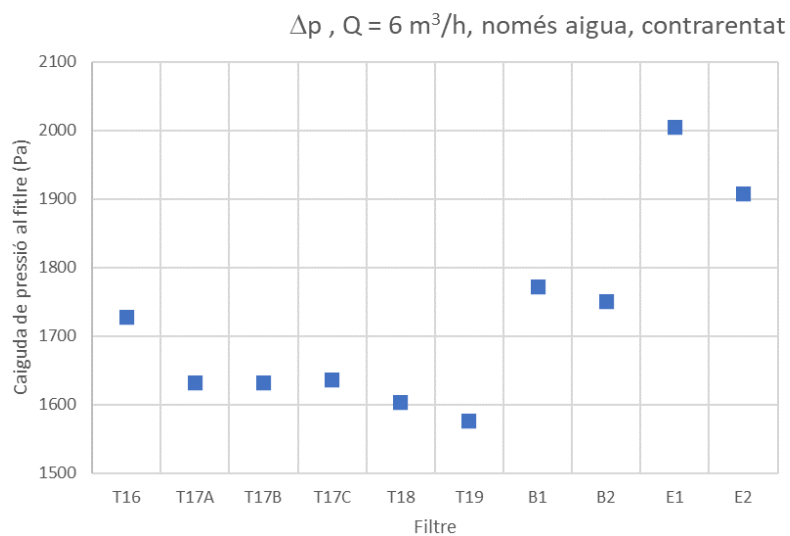


Figura 39: Caiguda de pressió total a cada filtre en condicions de cabal de $6 \text{ m}^3/\text{h}$ i a contrarentat sense sorra.

5.1.5 Discussió pèrdua de càrrega total

Un cop analitzats els resultats obtinguts de caiguda de pressió en les diferents simulacions realitzades es procedeix a realitzar un estudi analític mitjançant la teoria d'Ergun. El procediment efectuat és analitzar la diferència absoluta que existeix per a cada model de filtre en l'augment de pressió de la sorra respecte al cas ideal (Eq.d'Ergun).

Primerament cal obtenir l'equació d'Ergun adaptada al nostre model. En un estudi previ de validació, es va obtenir que el coeficient de resistència inercial de l'equació d'Ergun era nul i que el coeficient de resistència viscosa per a la sorra analitzada era igual a $1/\alpha = 5.6 \times 10^9 \text{ m}^{-2}$ (Pujol et al., 2020). La qual quedarà parametritzada en funció dels valors de la velocitat, l'alçada de sorra i la viscositat. La fórmula emprada és:

$$\Delta P = \frac{H_{sorra} \times \mu \times V_f}{\alpha \cdot 100}$$

On:

H_{sorra} = Alçada edel llit de sorra en cm.

V_f = Velocitat superficial del fluid en l'interior del filtre en m/s.

μ = Viscositat del fluid en Pa s.

$1/\alpha$ = Coeficient de resistència viscosa (= $5.6 \times 10^9 \text{ m}^{-2}$)

Un cop disposats dels valors teòrics, per a cada mode de filtració es procedeix a obtenir el valor de la caiguda de pressió a la sorra. Per fer-lo cal realitzar la resta entre les caigudes de pressions obtingudes en els models amb llit de sorra vistos a les Figura 32-35 i els valors obtinguts sense sorra en la Figura 36 i Figura 37. Així doncs s'obté la caiguda de pressió exclusiva a l'efecte de la sorra en els filtres. Finalment es procedeix a restar a aquesta caiguda de pressió el valor obtingut per l'equació d'Ergun, que correspondria a la caiguda de pressió que experimentaria l'aigua al travessar un mateix gruix de sorra però en un cilindre de dimensions iguals a les interiors del filtre.

Estudi de l'efecte de diferents tipus de crepines en la caiguda de pressió de filtre de sorra

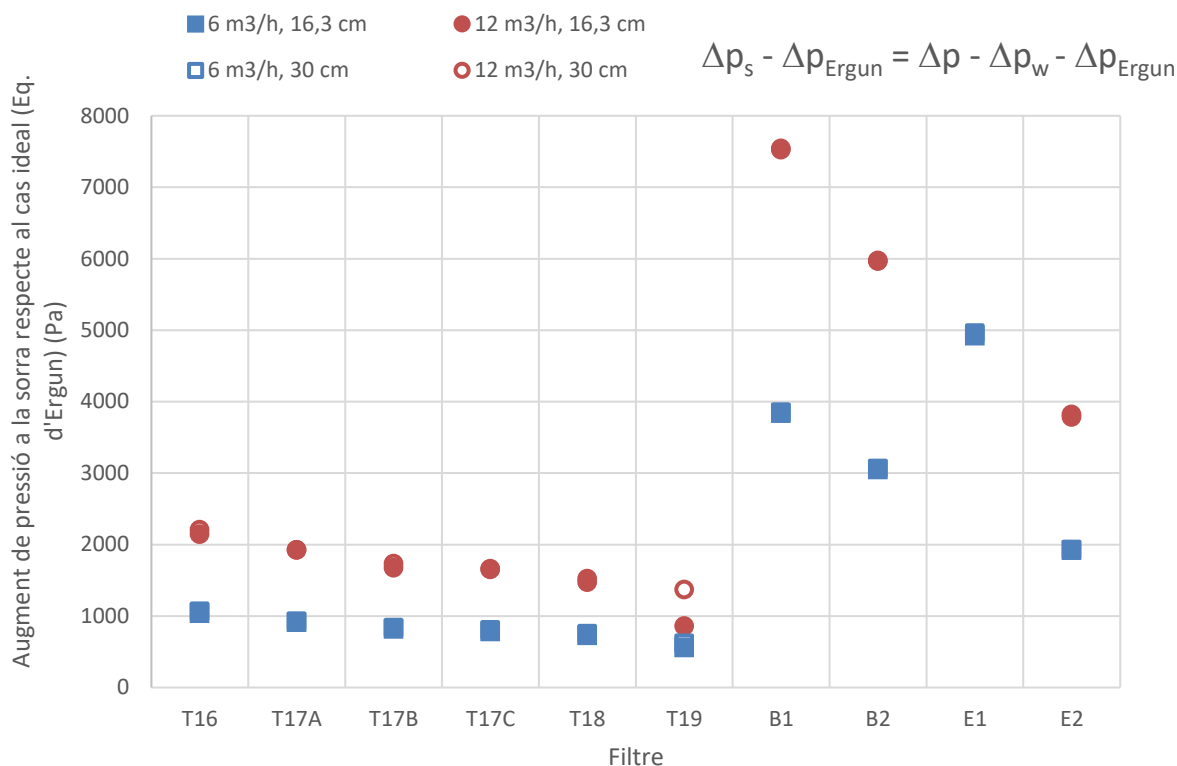


Figura 40: Augment de pressió a la sorra respecte al cas ideal (Eq. d'Ergun). (Elaboració pròpia).

A la Figura 40 podem observar com els augments de pressió a la sorra respecte al cas ideal són inferiors en tots els models de filtre amb crepines troncocòniques respecte als valors obtinguts en els filtres de braços col·lectors i braços en estrella. Aquesta tendència es veu reflectida en els diferents modes de filtració independentment de la velocitat o l'alçada de sorra emprada.

Seguidament es calcula el percentatge de la diferència entre els valors obtinguts per simulació respecte als valors obtinguts analíticament mitjançant l'equació d'Ergun. La Figura 41 representa de manera visual els valors percentuals de les diferències obtingudes. Continuant amb la mateixa tendència general els percentatges més petits són els otorgats pels filtres amb crepines troncocòniques on en els mètodes amb un llit de sorra de 30 cm obtenen diferències inferiors al 10%. Això vol dir que, l'efecte de tenir crepines troncocòniques a la base empitjora la pèrdua de càrrega en menys d'un 10% respecte al cas ideal. Òbviament, aquesta diferència augmenta a mesura que hi ha menys sorra en el filtre ja que l'efecte de la crepina és més rellevant.

En els models amb braços col·lectors i estrelles les diferències en comparació al valor ideal augmenten considerablement. El model d'estrella E1 supera el 60% de diferència respecte a el valor ideal en les simulacions amb llit de sorra de 16,3 cm mostrant un resultat poc satisfactori.

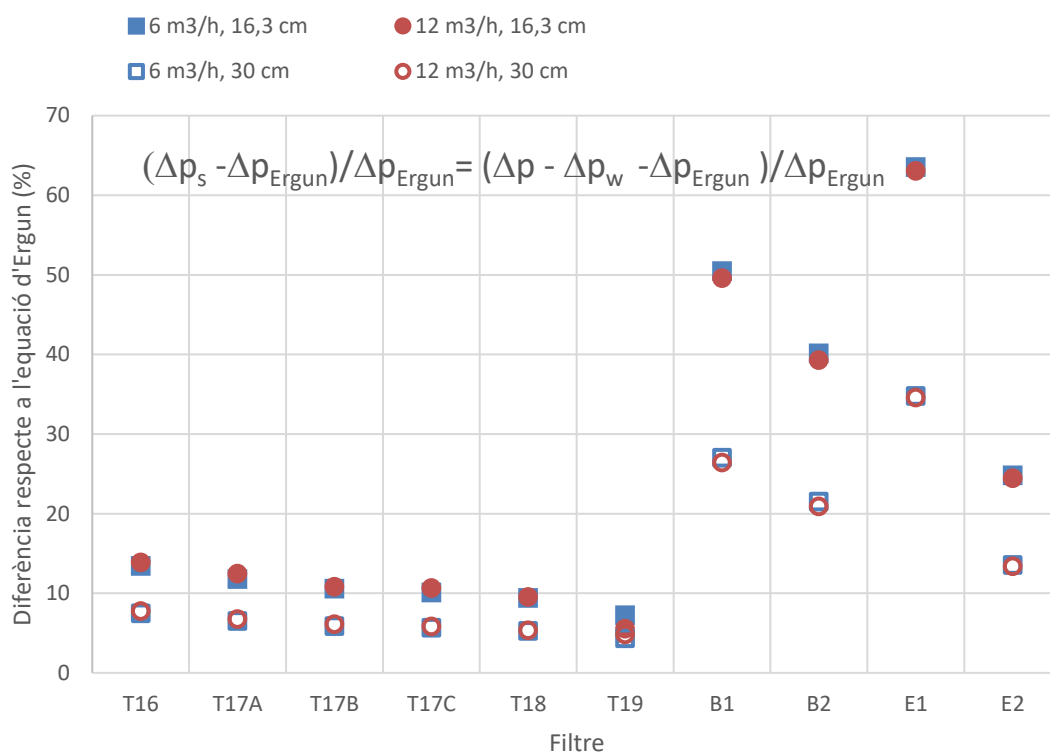


Figura 41: Diferència percentual entre els valors de pèrdua de càrrega a la sorra de la simulació i l'equació d'Ergun (cas ideal).

Posteriorment es realitza un nou anàlisi en el que s'obté la diferència percentual deguda a la caiguda de pressió dels accessoris utilitzats al filtre. Per fer-lo es procedeix a comparar la diferència de caiguda de pressió existent entre els resultats de les simulacions amb els diferents modes de filtració amb sorra respecte a la caiguda de pressió quan únicament hi ha aigua en el filtre.

Estudi de l'efecte de diferents tipus de crepines en la caiguda de pressió de filtre de sorra

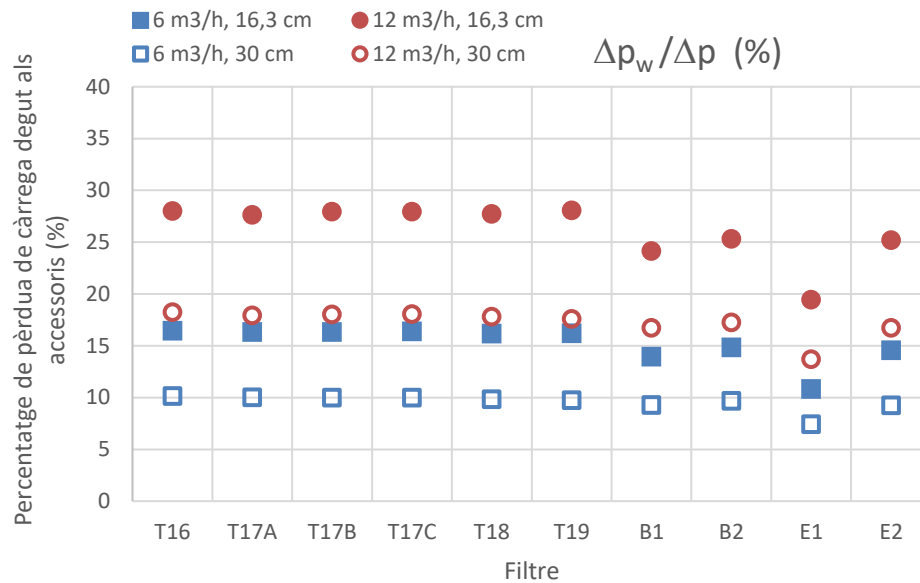


Figura 42: Percentatge de pèrdua de càrrega ocasionada pels accessoris.

Els resultats obtinguts a la Figura 42 ens indiquen que en els modes de filtració on els percentatges de pèrdua de càrrega deguda als accessoris és superior són aquells en el que la velocitat d'entrada és més elevada. Destaca el mode de filtració a 12 m³/h i llit de sorra a 16,3 cm d'alçada com el que té uns percentatges més elevats de pèrdues de càrrega deguts als accessoris en tots els models dissenyats. Això és degut al fet que la sorra contribueix poc a la pèrdua total del filtre (poca alçada) i que la velocitat és la més alta (i, per tant, les pèrdues de càrrega hidràuliques, que són proporcionals a la velocitat al quadrat, són superiors). Per això mateix, el mode de filtració a 6 m³/h i llit de sorra de 30 cm destaca per tenir el percentatge de pèrdues de càrrega ocasionada pels accessoris més petits.

Finalment es procedeix a calcular la diferència percentual que existeix entre els modes de contrarentat i els modes de filtració amb només aigua (sense llit de sorra). La idea és que en un disseny totalment reversible aquesta diferència seria nul·la. La Figura 43 mostra com en els models de filtre dissenyats amb crepines troncocòniques i els de braços col·lectors, la diferència percentual és negativa. Això indica que en aquests models la caiguda de pressió en el mode a contrarentat és inferior al del mode de filtració amb només aigua. Per contra en els models dissenyats amb braços en estrella es pot observar com existeixen unes diferències positives superiors al 15% pel filtre E2 i al 30% en el filtre E1.

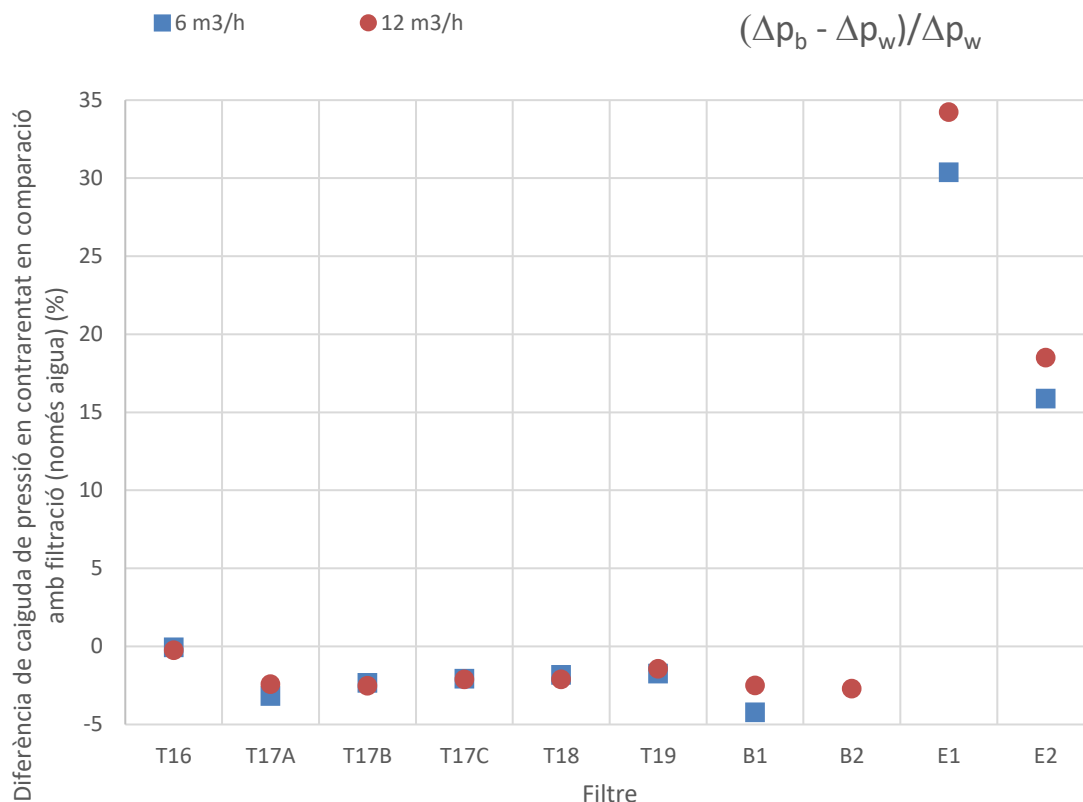


Figura 43: Diferència de caiguda de pressió (%) en contrarentat en comparació amb filtració amb només aigua.

5.2 Velocitats i pressions en els filtres

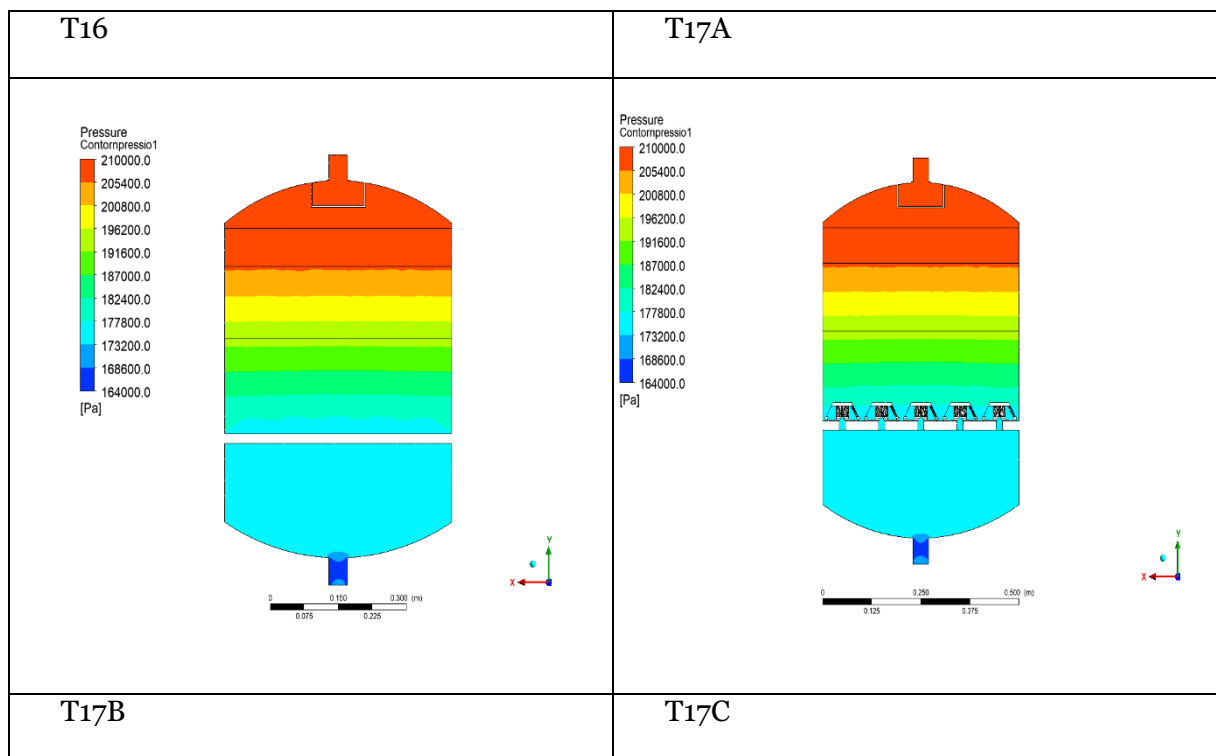
Un cop visualitzats els resultats obtinguts en el capítol 5.1 amb les diferents comparatives de caigudes de pressió es procedeix a realitzar un estudi més exhaustiu dintre d'una mateixa tipologia de dissenys. La tendència principal registrada en l'estudi és que els models de filtre amb crepines troncocòniques aporten unes caigudes de pressió inferiors que els models amb braços col·lectors o en estrella. Principalment en els modes de filtració amb sorra, independentment de l'alçada i del cabal de l'aigua s'han situat com l'opció més eficient.

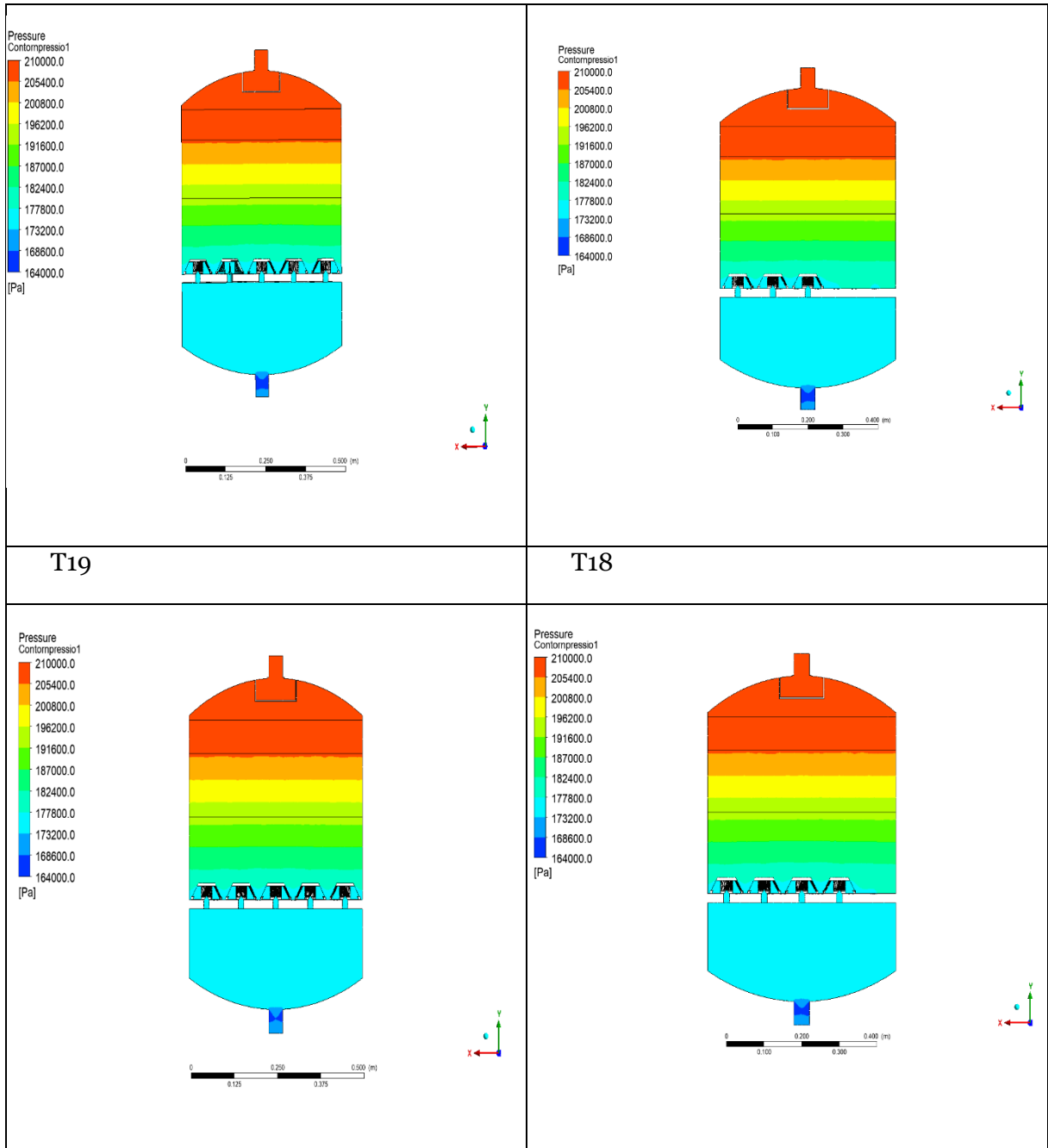
Degut a aquests resultats, es procedeix a fer una comparativa tant qualitativa com quantitativa dels 6 models de filtre amb crepines troncocòniques. En aquest estudi es valorarà diferents paràmetres com són la pressió, velocitat i cabals en l'interior del filtre per veure diferències significatives entre els diferents dissenys. El cabal d'entrada per aquest estudi és de $12 \text{ m}^3/\text{h}$. Les conclusions que se n'extreuen es consideren independents del cabal escollit.

Estudi de l'efecte de diferents tipus de crepines en la caiguda de pressió de filtre de sorra

La Figura 44 mostra l'evolució de la pressió a la qual està sotmès el filtre en les diferents zones. Com es pot apreciar amb facilitat la part superior del filtre es manté a una pressió elevada, degut a que és allà on es fixa la pressió (= 210 kPa) i les pèrdues de càrrega són purament hidràuliques, la influència de la sorra encara no està present. Una vegada se supera la marca dels 30 cm d'alçada la pressió disminueix progressivament com es pot apreciar amb les diferents tonalitats representades a la llegenda. Una vegada es supera la zona de crepines es pot apreciar que la pressió es manté gairebé constant fins al tub de sortida on decreix degut al canvi de secció. Així doncs amb aquestes representacions es veu clarament la importància de l'efecte de la sorra en la caiguda de pressió en un procés de filtració.

Figura 44: Representació qualitativa de l'evolució de les pressions dintre dels filtres amb crepines troncocòniques. Representació en el pla de simetria dels diferents models.





És important observar com les zones representades amb cada color de pressió descriuen unes franges horitzontals la qual cosa indica que a l'interior del filtre existeix un comportament molt homogeni. Aquesta homogeneïtat es conserva fins al punt en el qual les mesures s'apropen a la zona d'influència de les crepines. Com es pot veure a la Figura 45, les línies de pressions descrites a la zona de les crepines deixen el seu caràcter lineal passant a descriure unes corbes causades per l'efecte de les crepines troncocòniques. Això és degut a la concentració de les línies de corrent, que es deformen per anar cap a les esclotxes de les crepines en l'interior de la sorra. En aquesta zona existiran zones de sorra entre les crepines

però també espais ocupats per les geometries de les mateixes on la caiguda de pressió és diferent.

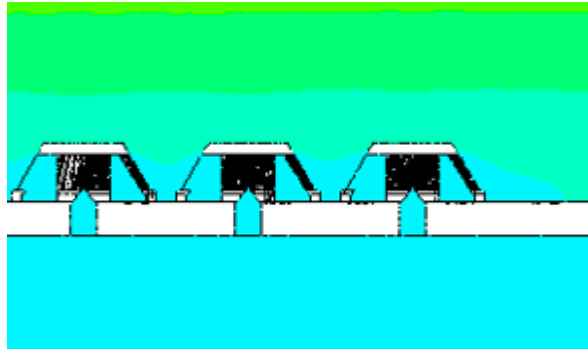
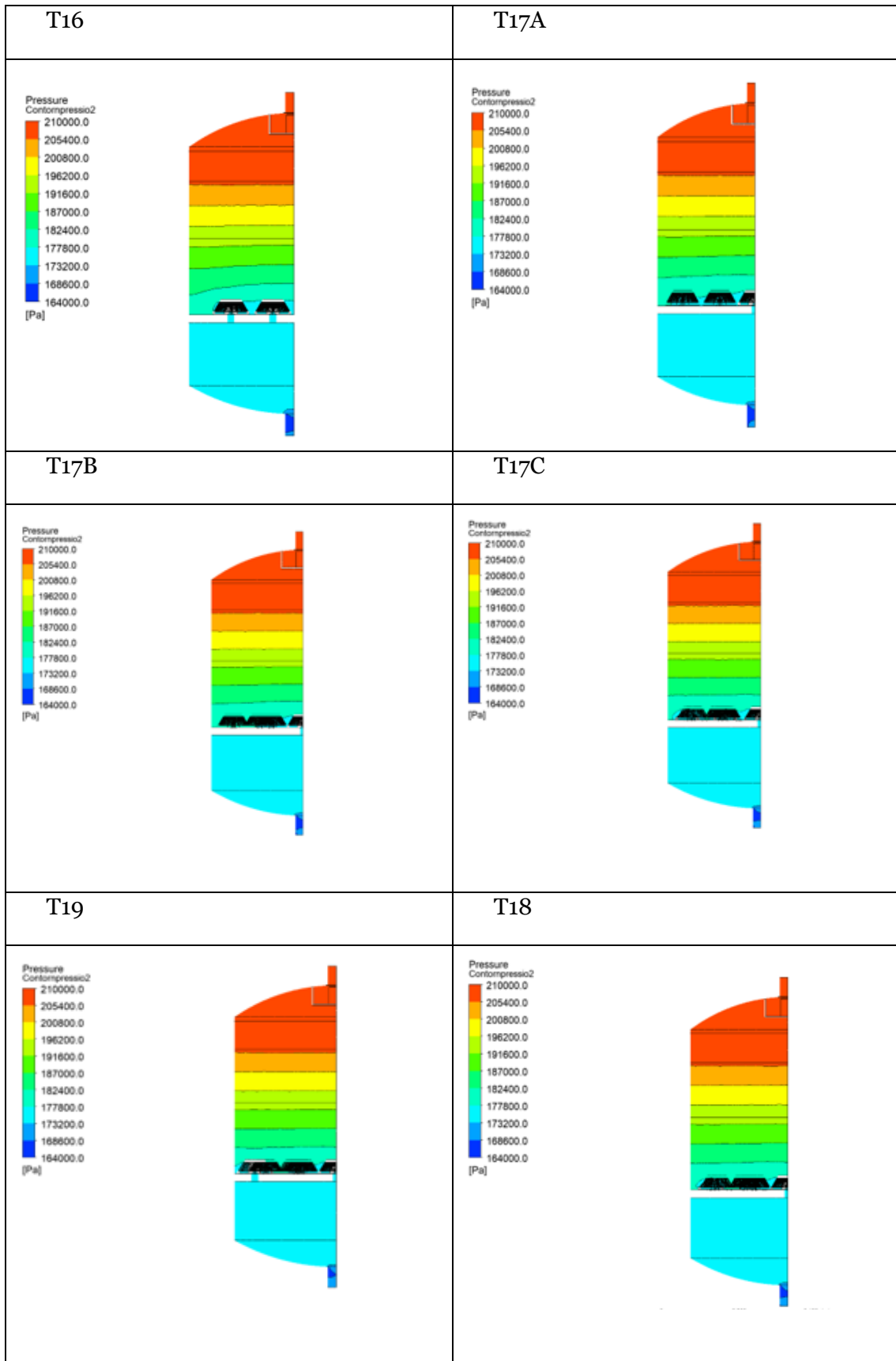


Figura 45: Ampliació de l'efecte de les pressions a la zona de crepines del filtre T17C.

Com s'ha pogut veure a les representacions de la Figura 44, en tractar-se d'una simetria completa per a tots els models, depenent de la disposició de les geometries a la base del filtre en alguns models no es pot apreciar l'efecte de les crepines. Per poder aportar més informació sobre aquest efecte s'ha procedit a realitzar un nou pla de tall més enllà del pla de simetria ja observat. D'aquesta manera es disposa de tots els filtres en representació d'un quart del seu volum total. Realitzant aquest nou pla de tall és fàcilment observable l'efecte de les crepines en alguns models com pot ser el T16. Aquest model disposa d'una geometria rectangular en la qual no es troba cap crepina sobre l'eix de simetria principal i per tant és necessari realitzar un nou pla per veure amb més detall el seu efecte.

La Figura 46 mostra els resultats de pressió obtinguts de manera qualitativa realitzant un nou pla respecte a la simetria inicial de cada model. Així doncs s'obté un quart del filtre total. Com es pot apreciar en aquesta representació l'efecte de la sorra sobre la pressió del filtre és progressiu en realitzar el recorregut de filtració. El model T16 mostra clarament l'efecte de les crepines sobre la pressió on en les zones superior les franges de pressió són molt horitzontals, mentre que en superar la barrera del 16cm de sorra comença a descriure un caràcter corbat. Aquest és molt accentuat en trobar-se a poca distància de les crepines.

Figura 46: Representació qualitativa de l'evolució de les pressions dintre dels filtres amb crepines troncocòniques. Simetries parcials dels diferents models.



Estudi de l'efecte de diferents tipus de crepines en la caiguda de pressió de filtre de sorra

Amb la Figura 44 i Figura 46 s'ha pogut comprovar qualitativament l'efecte de la sorra i les crepines sobre la pressió a la qual està sotmès el filtre en les seves diferents zones. Per obtenir un resultat més precís i més exacte que l'obtingut amb les representacions gràfiques es procedeix a fer un estudi quantitatiu.

Per fer aquest estudi quantitatiu de les variacions de pressions a l'interior de cada model de filtre s'ha optat per dividir el filtre en diferents plans de tall i poder obtenir informació característica de cada zona. La Taula 12 presenta la contribució a la pèrdua de càrrega de les diferents zones d'interès de cada filtre. Com es pot veure la primera zona estudiada és la compresa entre l'entrada i els 33 cm d'alçada respecte al nivell de crepines, és a dir, on es troba la primera zona de sorra. En aquesta primera part la pèrdua de càrrega és nul·la i constant en tots els models, ja que el fluid no es troba amb cap oposició. Només el difusor i l'eixamplament però, com passa en una expansió hidràulica, aquest efecte pot comportar un augment de pressió més que no pas una reducció.

Les zones descrites entre els 33cm i els 0 cm d'alçada és la zona on el fluid es trobarà amb l'oposició permanent de la sorra. El primer segment (33-25 cm) aporta una contribució a la pèrdua de càrrega total del pas del fluid pel filtre d'un 22% i la variació entre els diferents models de disseny és inferior al 3%. Les dues franges situades entre els 25 i 5 cm d'alçada tenen un comportament similar. Cadascuna d'aquestes zones de sorra aporten una pèrdua de pressió superior al 25% i de la mateixa manera que en el primer segment la diferenciació entre els diferents models és inferior al 3%. L'última zona on l'efecte de la sorra es veu reflectit és el situat entre els 5 i els 0 cm d'alçada. En aquest cas la pèrdua de càrrega respecte al total aportada per aquest segment varia entre el 12,1% i el 8,9% depenent del model. Aquesta variació entre els models que arriba a superar el 15% és deguda a la situació geomètrica de les crepines sobre la base. Les dades mostren clarament que depenent de la quantitat i la posició de les mateixes, la caiguda de pressió percentual pot variar en gran mesura.

Taula 12: Contribució a la pèrdua de càrrega total en les diferents zones del filtre (%). Cabal 12 m³/h.

Zona	T16	T17A	T17B	T17C	T18	T19
ent - 33 cm	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
33 - 25 cm	21,5	21,8	22,0	22,0	22,2	22,3
25 - 15 cm	24,7	25,0	25,2	25,3	25,4	25,6
15 - 5 cm	25,1	25,5	25,8	25,9	26,1	26,4
5 - 0 cm	12,1	11,1	10,5	10,3	9,6	8,9
0 - sort	16,6	16,7	16,6	16,6	16,8	16,9

Finalment el darrer segment del filtre és el comprès des de l'alçada de 0 cm (pla on es troba el conjunt de crepines) i la sortida del filtre. En aquesta nova zona es pot tornar a comprovar l'homogeneïtat entre els diferents models on la variació és inferior al 2%. Aquesta zona inferior

no es troba amb contacte amb la sorra i per tant aquesta contribució a la pèrdua de pressió és deguda a la contracció del fluid en creuar per l'interior de les crepines i finalment per sortir a l'exterior del filtre pel tub de sortida.

La Taula 13 mostra la caiguda de pressió per unitat de longitud (Pa/cm) en els diferents trams de sorra. Com s'ha pogut veure amb anterioritat a la Taula 12 el comportament en els trams de sorra superiors (33-5cm) és molt homogeni entre els diferents models geomètrics dissenyats. La variació principal es troba en el darrer esglaó on la presència de les crepines provoca grans diferències respecte a la caiguda de pressió. El model T19 el qual disposa de 3 crepines més que el T16 mostra una caiguda de pressió per unitat de longitud d'un 20% inferior a la mitjana dels models. Aquesta variació és deguda al fet que la superfície de la base disposa de més zona ocupada per crepines que de sorra. Motiu pel qual el T16 aporta els valors més notables de caiguda de pressió, ja que l'abundància de sorra en aquesta base és superior.

Taula 13: Caiguda de pressió per unitat de longitud (Pa/cm) en diferents trams de sorra. Cabal 12 m³/h.

Zona	T16	T17A	T17B	T17C	T18	T19
33 - 25 cm	944	944	944	945	944	944
25 - 15 cm	952	953	952	953	952	951
15 - 5 cm	967	972	975	977	979	982
5 - 0 cm	919	826	775	759	704	650

Seguidament es procedeix a estudiar com evoluciona la velocitat del fluid, en el nostre cas l'aigua, en el seu recorregut natural per l'interior del filtre. Com es pot veure a les representacions obtingudes a la Figura 48, el comportament de la velocitat a l'interior del fluid és molt similar en els diferents models de filtre amb crepines troncocòniques.

Cal destacar diferents zones d'interès que es repeteixen en la totalitat dels models. Primerament, tant a l'entrada com a la sortida del propi filtre es pot apreciar com les fletxes dels vectors velocitat són de color vermell, ja que com indica la llegenda és on la velocitat del fluid és més elevada. Aquest augment de la velocitat també es veu reflectit a la zona central del filtre, un cop supera la zona de crepines, ja que al reduir-se l'àrea de pas, el fluid es contrau i s'accelera. Es poden veure aquests canvis de velocitat a la Figura 47.

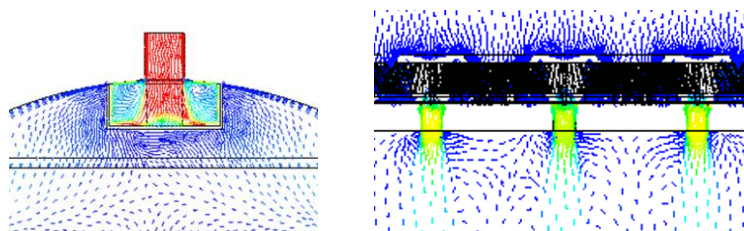
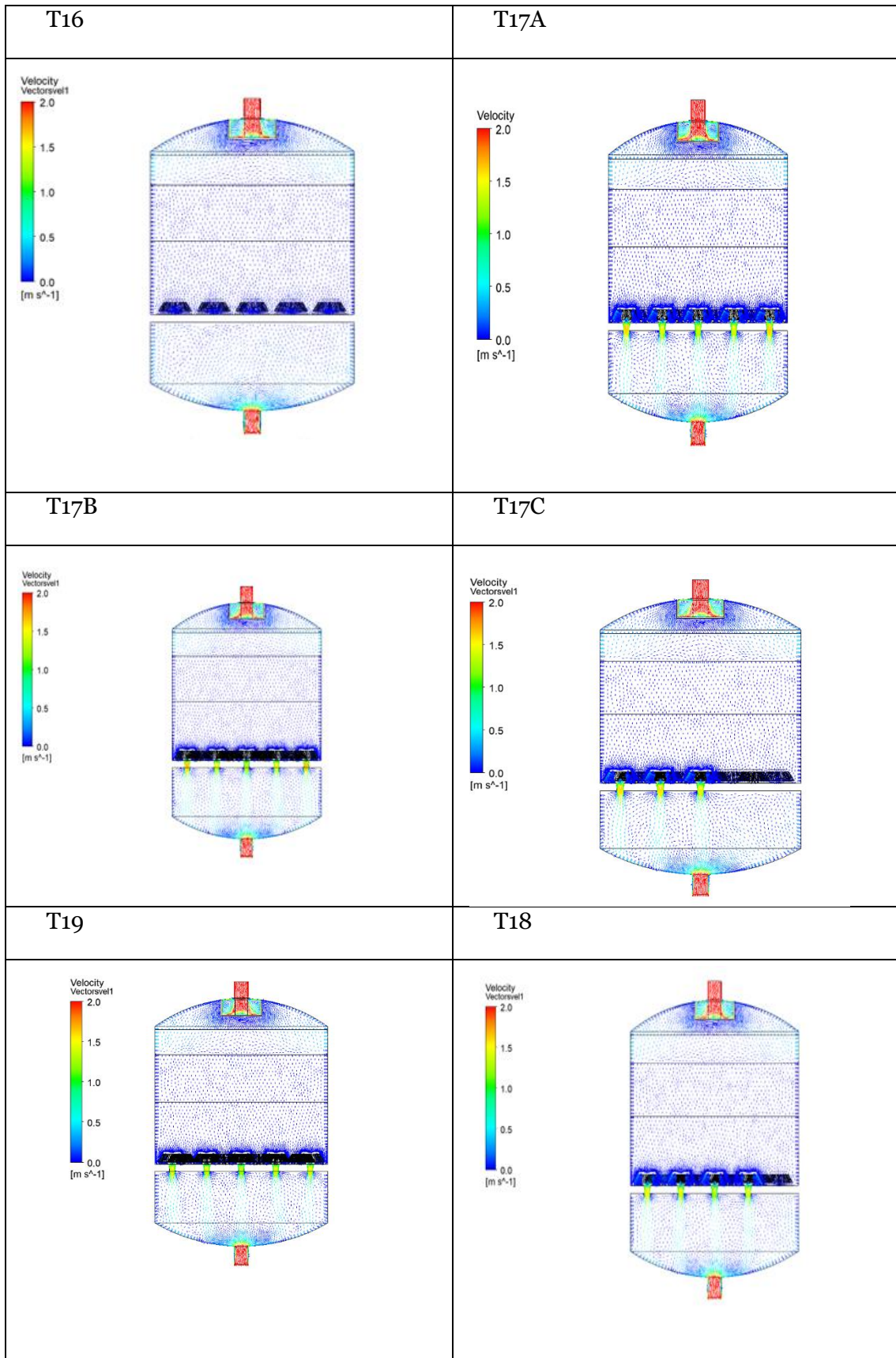


Figura 47: Ampliació efecte velocitat a l'entrada i en el pas del fluid per les crepines centrals.

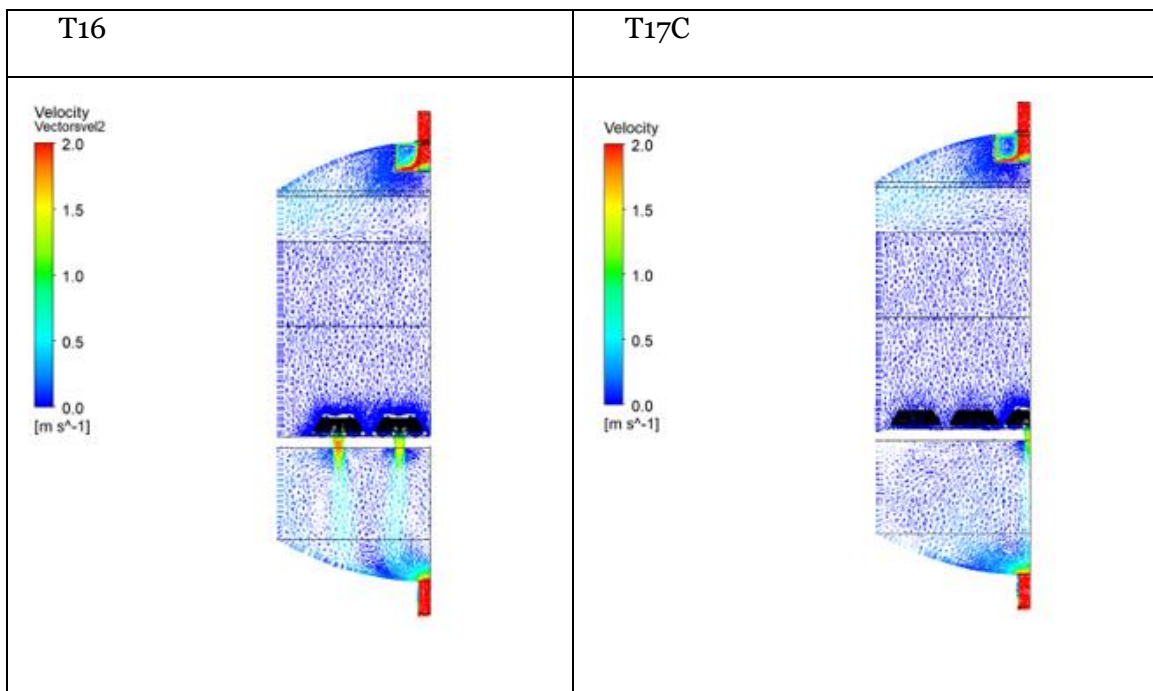
Estudi de l'efecte de diferents tipus de crepines en la caiguda de pressió de filtre de sorra

Figura 48: Efecte de la velocitat del fluid a l'interior dels filtres. Simetria completa amb un cabal de $12 \text{ m}^3/\text{h}$.



Igual manera que en els casos vistos a la Figura 44 alguns models per motius geomètrics no apareixen crepines sobre la línia de simetria. Per no perdre possible informació generada per aquests models es procedeix a realitzar les imatges en el nou pla ja creat anteriorment. La Figura 49 mostra els vectors velocitat a un quart de la simetria total dels filtres T16 i T17C. Els quals no es podien apreciar amb claredat a la Figura 48 pel fet que no es disposaven de la totalitat de les crepines sobre l'eix de simetria. Es continua veient que el patró descrit és el mateix que en els altres models on les zones on el fluid va a velocitats més elevades són: entrada, sortida i pas de les crepines.

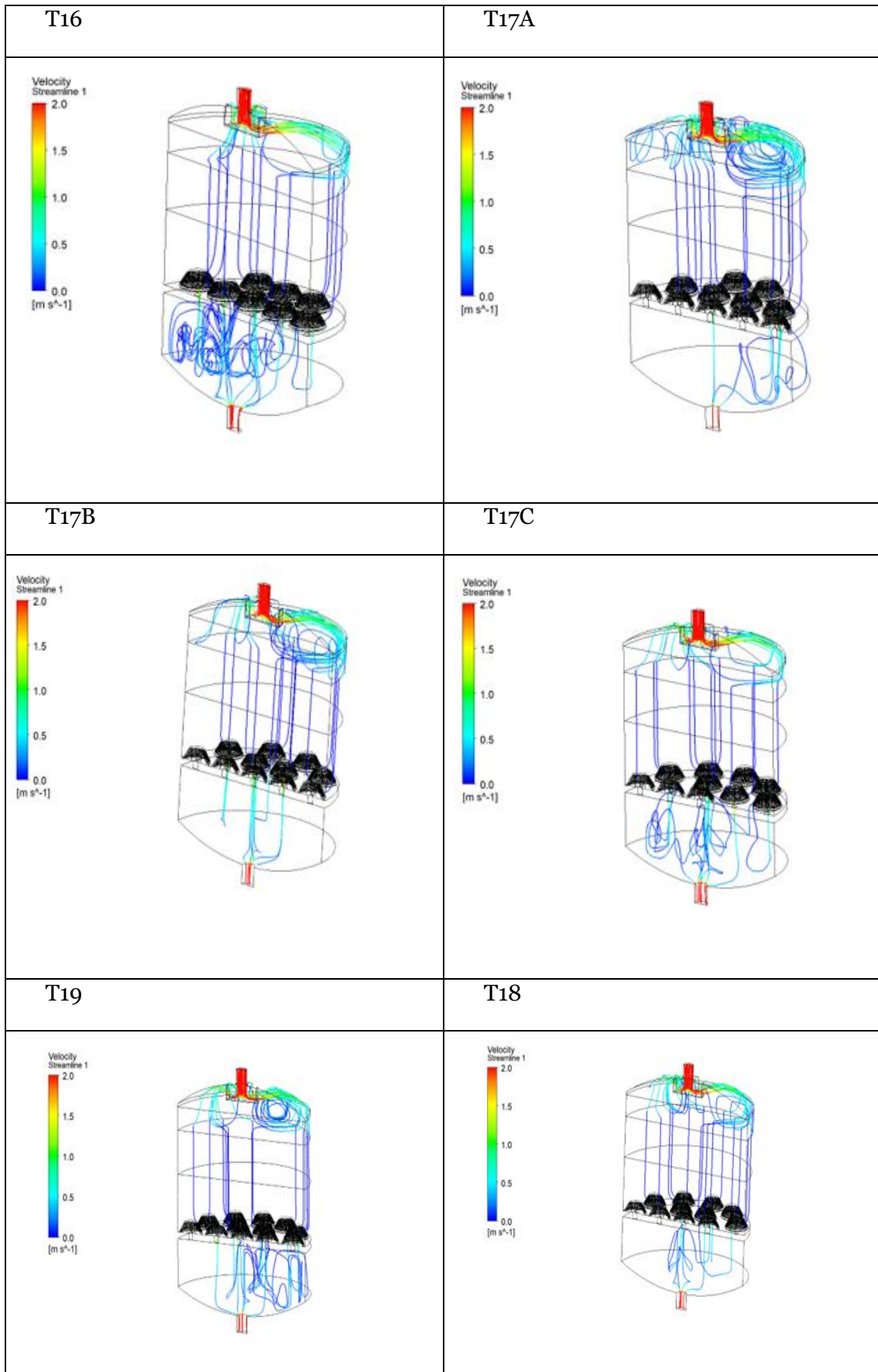
Figura 49: Representació dels vectors velocitats a un tall al quart dels filtres T16 i T17C.



Un altre factor que es pot analitzar dels diferents models de filtre amb crepines troncocòniques és el comportament del fluid i les línies de corrent que segueix el mateix. A la Figura 50 es poden observar les línies de corrent partint des de l'entrada i l'efecte que tenen els diferents components del sistema. Primerament la totalitat de les línies de corrent passen per l'entrada a gran velocitat i unides. Una vegada impacten amb el difusor es distribueixen les línies heterogèniament per la part superior del filtre on moltes recirculen sense entrar directament a la sorra. Seguidament moltes precipiten de manera vertical creuant la sorra i travessant per l'interior de les crepines. Un cop superada la zona de les crepines torna a precipitar arribant a la zona buida del filtre fins que aconseguen arribar al tub sortida.

Estudi de l'efecte de diferents tipus de crepines en la caiguda de pressió de filtre de sorra

Figura 50: Mostra de línies de corrent que segueix el fluid a l'interior del filtre.



Tot seguit és interessant realitzar un estudi quantitatiu dels cabals màssics el qual posarà en evidència de manera clara els resultats obtinguts de les simulacions. Per fer-ho s'ha procedit a calcular el valor de cabal màssic que travessa cada crepina en cada model geomètric. Així doncs es pot obtenir de manera efectiva el valor percentual de cabal que passa per cada crepina respecte al total del fluid que s'ha introduït al filtre. El valor òptim és l'obtingut en dividir el cabal d'entrada pel nombre de crepines que disposa cada filtre. Això equivaldria a un disseny en què totes les crepines treballassin igual. Obtenir aquest valor per a totes les crepines és irrealitzable però és important determinar quina diferència existeix entre el cabal que absorbeix cada crepina respecte a l'ideal. Així doncs es podrà determinar quin model de filtre amb crepines troncocòniques ha estat dissenyat de manera més efectiva.

Taula 14: Percentatge (%) de cabal objectiu per crepina (totes les crepines treballant per igual), percentatge màxim, percentatge mínim i variació entre percentual entre màxim i mínim. Cas de 12 m³/h i 30 cm de sorra.

	T16	T17A	T17B	T17C	T18	T19
Objectiu	6,25	5,88	5,88	5,88	5,56	5,26
Màxim	6,93	6,36	6,22	6,05	5,80	5,43
Mínim	5,55	5,07	5,06	5,35	4,89	4,77
Variació(%)	25,0	25,5	22,9	13,1	18,7	13,8

La Taula 14 mostra els valors objectius obtinguts en dividir el 100% del cabal màssic entre el nombre de crepines que té cada filtre. Aquest seria el valor ideal en un filtre en el que es repartís de la mateixa manera tot el cabal per cada crepina. Malgrat això és impossible a la realitat i per tant cal valorar entre els valors percentuals màxim i mínim de les crepines de cada filtre que estan més allunyades del valor objectiu. Com es pot veure a la Taula 14 la variació més petita i per tant la que la distribució ha estat més efectiva és en el cas del model T17C on disposant el mateix nombre de crepines que en els models T17B i T17C el resultat és molt satisfactori. És important observar aquest resultat, ja que utilitzant la mateixa quantitat de crepines existeix una variació superior al 12% únicament realitzant una bona distribució de les crepines. Això pot aportar augments en l'eficiència del filtre. Amb un resultat molt semblant es troba el model T19 el qual demostra que utilitzant el màxim nombre de crepines possibles la variació entre elles es troba molt igualada.

La Figura 51 mostra de manera visual el percentatge del cabal total que passa per cada crepina en cada model de filtre. És important fixar-se en el desenvolupament de les crepines on segueixen tres tendències ben diferenciades. Com a norma general es pot apreciar que la crepina número 1 és la que rep un percentatge de cabal inferior. Aquesta crepina és la situada en el centre de la base en tots els casos. Per tant aquesta tendència reflectida pot indicar que es podria eliminar la crepina central sense afectar en gran mesura el comportament del filtre en

Estudi de l'efecte de diferents tipus de crepines en la caiguda de pressió de filtre de sorra

general, ja que les crepines que l'envolten podrien absorbir el cabal que consumeix la central. Seguidament es pot observar un segon bloc de crepines (de la crepina 2 a la 7) les quals formen part del segon anell circular de crepines. Totes aquestes, dintre de cada disseny, absorbeixen un percentatge del cabal gairebé igual. Finalment existeix el que seria l'anell exterior de les geometries, on es troben les crepines de la 8 a la 19, les quals tornen a descriure una tendència similar entre les pròpies de cada filtre.

També és important observar que el model de filtre T16 (format per una distribució rectangular) trenca aquesta tendència, fent que les seves crepines absorbeixin percentatges de cabals més heterogenis entre els diferents nivells.

Finalment tal i com s'ha pogut observar en la Taula 14 la millor distribució és la realitzada amb el model T17C. A la Figura 51 es pot contemplar com els punts que fan referència a aquest model descriuen la tendència més normalitzada amb l'excepció de la crepina número 1 la qual es podria eliminar.

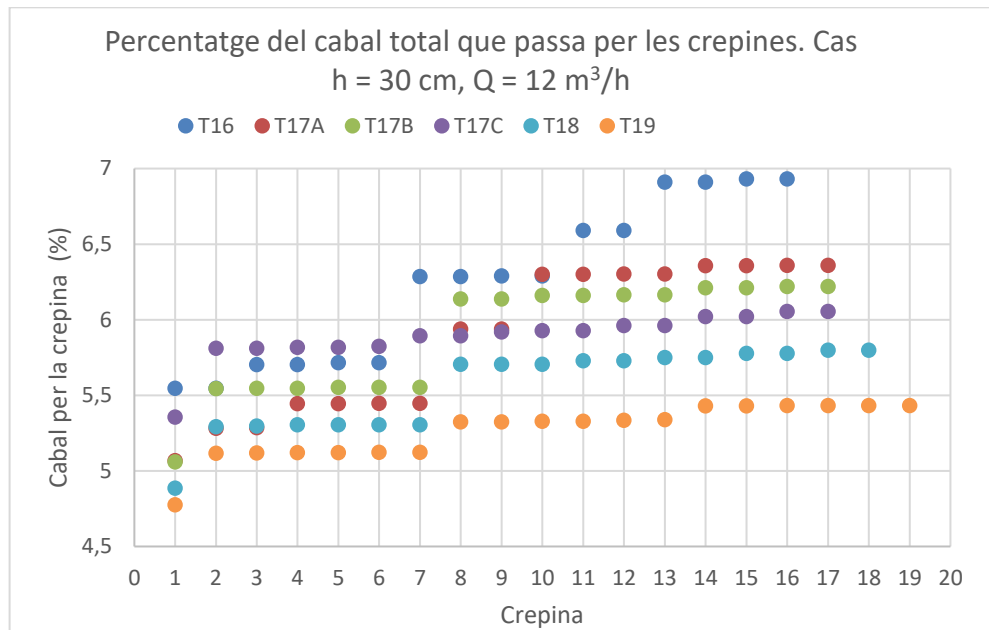


Figura 51: Percentatge del cabal total que passa per les crepines en el cas d'un cabal de $12 \text{ m}^3/\text{h}$ i 30 cm de sorra.

6 RESUM DEL PRESSUPOST

El cost econòmic d'aquest estudi és de 10.523,25 € (deu mil cinc-cents vint-i-tres euros amb vint-i-cinc cèntims). Sumant el 13% de Despeses Generals, el 9% del benefici industrial i el 21% d'IVA, el cost final del projecte s'eleva a un valor de 15.683,40 € (quinze mil sis-cents vuitanta-tres euros amb quaranta cèntims).

7 CONCLUSIONS

Amb l'objectiu de trobar un model de filtre de sorra amb una major eficiència energètica s'ha procedit a avaluar les pèrdues de càrrega generades en el procés de filtració amb diferents modes i models. Per a un mateix tipus de filtre de sorra, s'ha estudiat el comportament en realitzar la filtració amb diferents elements filtrants: crepines troncocòniques, braços col·lectors i braços en estrella. De la mateixa manera s'ha procedit a realitzar una comparació amb el model analític basat en l'equació d'Ergun aplicada per a un cas ideal on no hi haguessin elements filtrants a la base.

Els resultats obtinguts han estat:

- A igualtat d'àrea de pas i en mode de filtració amb llit de sorra, els filtres amb bases de crepines troncocòniques s'han demostrat com els més eficients. Els filtres amb braços col·lectors són els que tenen unes pèrdues de càrrega superior.
- Entre els models de crepines troncocòniques, s'ha pogut verificar que el model T19, amb major nombre de crepines és el que millors resultats ha registrat degut a la seva major àrea de pas. Mentre que el T16 amb menor quantitat el que pitjors resultats ha verificat. Tot i això, s'hauria de comprovar si el sobrecost en utilitzar 3 crepines més està justificat pel guany energètic obtingut.
- Com a millor opció de filtre, apartant el resultat de les crepines troncocòniques, s'ha situat el model de braços en estrella E2. Aquest disseny s'ha situat en diferents modes de filtració com una opció molt a tenir en compte inclús amb resultats més favorables que el pitjor model de crepines troncocòniques (T16).
- Aprofundint més en els models de crepines troncocòniques, s'ha pogut verificar que la distribució de les crepines en l'espai ha jugat un paper important en els resultats. En els models amb 17 crepines on l'àrea de filtració era exactament igual, els resultats de caiguda de pressió han estat diferents. El model T17C disposa de la distribució entre crepines més equilibrada (àrea horitzontal servida per crepina més semblant) resultant el filtre més eficient.
- Un altre resultat ha tenir en compte és la poca importància que rep la crepina central en els models de filtres amb crepines troncocòniques. En tots els casos, s'ha observat que aquesta rep un percentatge de cabal substancialment inferior a la resta. Per tant es pot afirmar que l'eliminació de la mateixa no provocaria variacions importants en els resultats.
- Per altra banda en el mode de contrarentat els resultats obtinguts segueixen la mateixa tendència que en el procés de filtració normal on les crepines troncocòniques són els dissenys més eficients. A diferència dels modes de filtració,

en el mode de contrarentat el segon millor conjunt de filtres és el format pels braços col·lectors deixant els filtres en estrella com els menys eficients.

- En realitzar la comparativa dels resultats de les simulacions amb els valors teòrics resultants del model d'Ergun, que corresponen al cas ideal amb menor pèrdua de càrrega, s'ha comprovat que les diferències depenen del filtre. En la comparativa amb els casos de filtres amb crepines troncocòniques, les variacions estan compreses entre el 5% i el 15% superior a la pèrdua de càrrega ideal, en el pitjor dels casos. En canvi en comparar amb models amb braços o estrelles poden superar en el pitjor cas el 60% del valor mínim teòric.

En realitzar aquest estudi es pot concloure que la millor opció per a la realització de filtració amb filtres de sorra és emprar un filtre amb un sistema de filtració amb crepines troncocòniques. A més és important realitzar una correcta distribució de les mateixes per l'espai del filtre per obtenir els millors resultats. La millor distribució és aquella que equilibra l'àrea horitzontal servida per a cada crepina. Degut a la quantitat de models i diferents modes de filtració estudiats no ha sigut possible realitzar l'estudi amb diferents mides de sorra però no es preveu que les conclusions fossin diferents.

8 RELACIÓ DELS DOCUMENTS

El projecte presentat està format pels següents documents:

- Memòria i annexos
- Pressupost

9 BIBLIOGRAFIA

Pujol, T., Puig-Bargués, J., Arbat, G., Duran-Ros, M., Solé-Torres, C., Pujol, J., Ramirez de Cartagena, F. Effect on wand-type underdrains on the hydraulic performance of pressurised sand media filters. *Biosystems Engineering* 192, 176-187. 2020.

Burt, C.M. Hydraulics of Commercial Sand Media Filter Tanks Used for Agricultural Drip Irrigation. ITRC Report No. R 10001. Irrigation Training and Research Center, San Luis Obispo, California. 2010.

GUNT HAMBURG, Tratamiento de aguas en procesos mecánicos. 2020.

FERNANDO DE LAMA S.L. Manual de instrucciones. Filtros de Arena Lama. Sevilla. 2005

Monge Redondo, M.A. Iagua. Filtración (II): Selección del equipo de filtrado. 2020

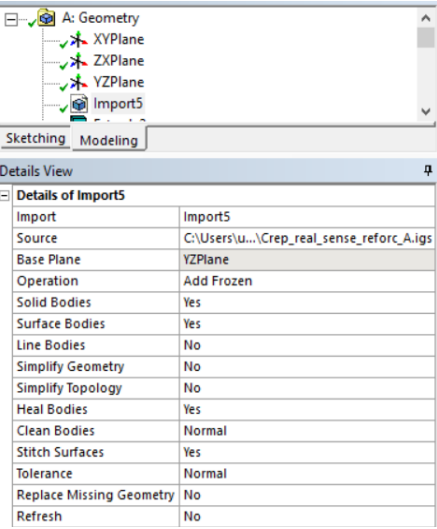
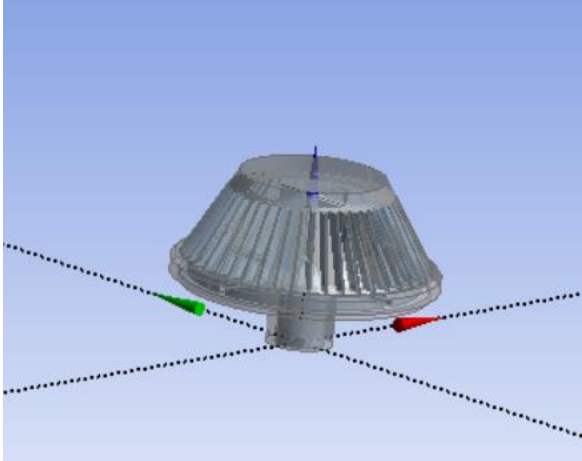
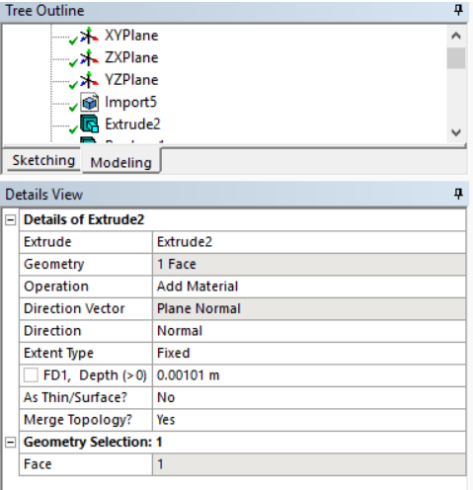
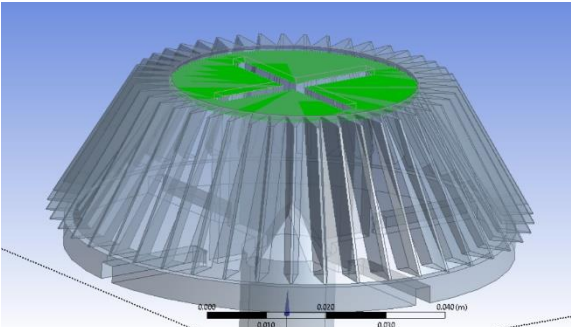
ANSYS. Ansys Fluent Theory Guide. USA. January 2020.

ANSYS. Ansys Fluent User's Guide. USA. January 2020.

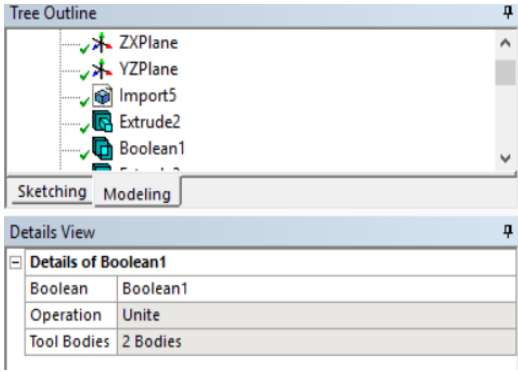
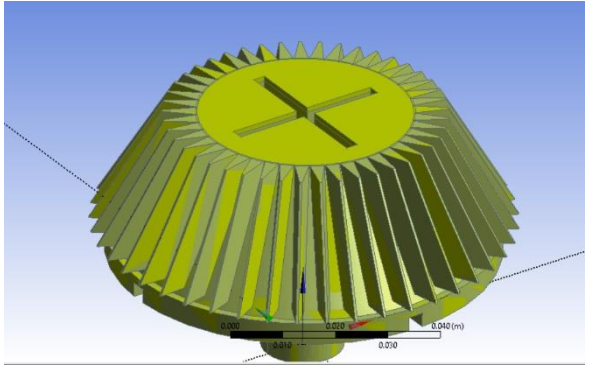
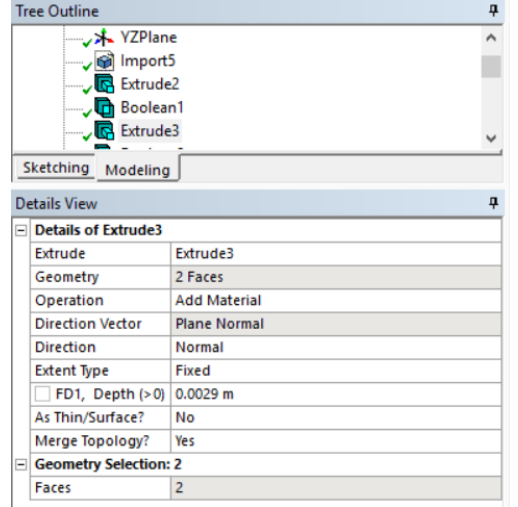
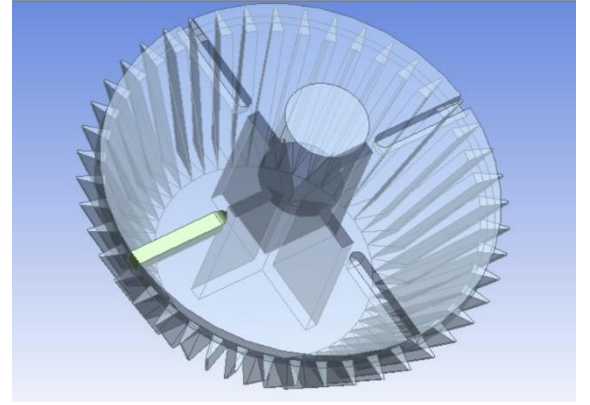
Pujol, T. Fluid Structure Interaction -apunts. Master of Science in Mechanics and Structures. 2020.

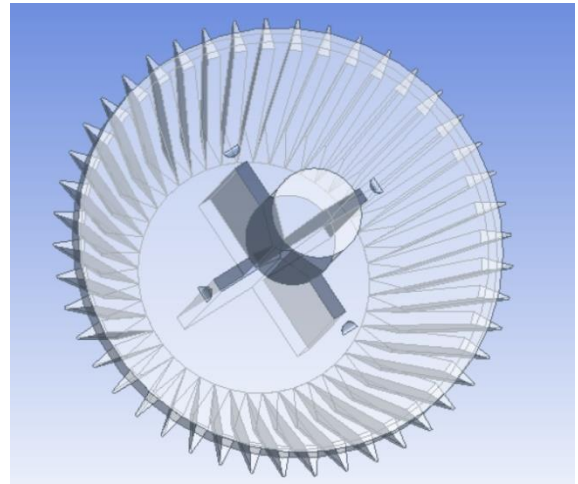
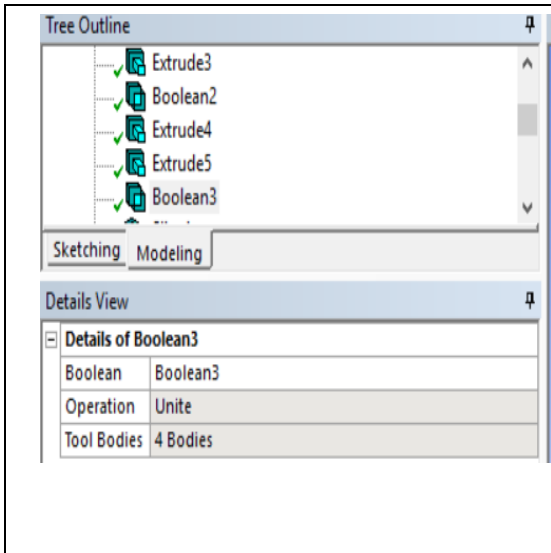
ANNEX A. GEOMETRIES

La creació dels filtres sotmesos a estudi ha estat mitjançant el programari DesignModeler d'Ansys en el qual a partir d'un seguit de passos es pot arribar a obtenir una geometria de filtre similar a la realitat la qual permetrà obtenir simulacions i resultats satisfactoris. Tot seguit es mostraran els diferents passos seguits per a la creació del filtre.

Número d'acció	Descripció
Codi	Representació
Acció número 1	Importació de crepina troncocònica al DesignModeler.
	
Acció número 2	Extrusió de la superfície superior interna de la crepina per situar-la a la mateixa alçada que la part exterior.
	

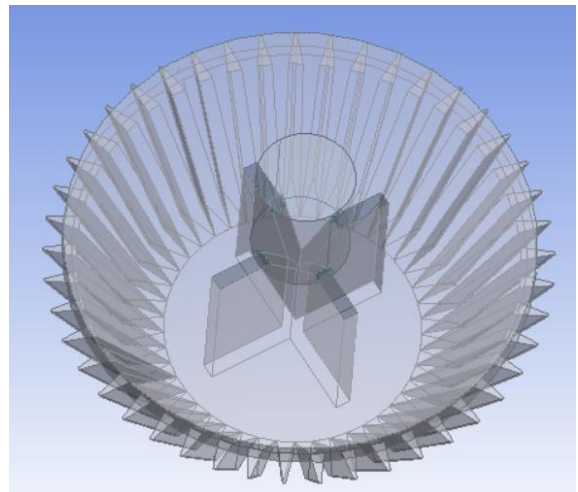
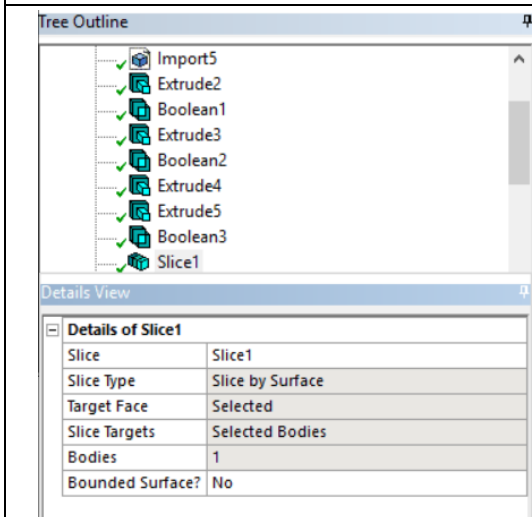
Estudi de l'efecte de diferents tipus de crepines en la caiguda de pressió de filtre de sorra

<p>Acció número 3</p>	<p>Unió de la part interna de la crepina amb l'externa per unificar el cos.</p>
	
<p>Acció número 4</p>	<p>Extrusió per tapar les obertures inicials que es trobaven a la base de la crepina. Procés repetit 4 vegades per tapar les quatre obertures.</p>
	
<p>Acció número 5</p>	<p>Unió de les extrusions realitzades amb el cos principal.</p>



Acció número 5

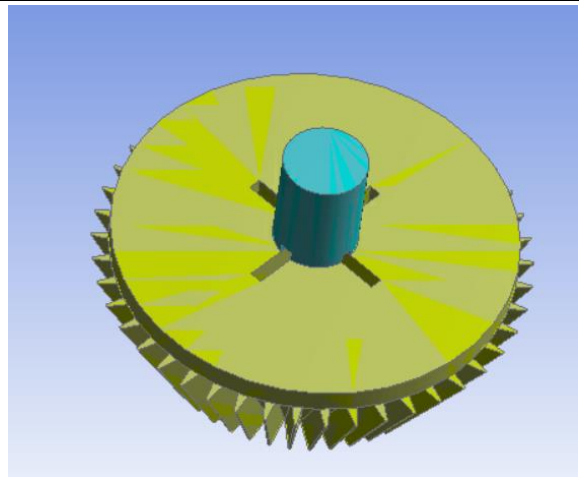
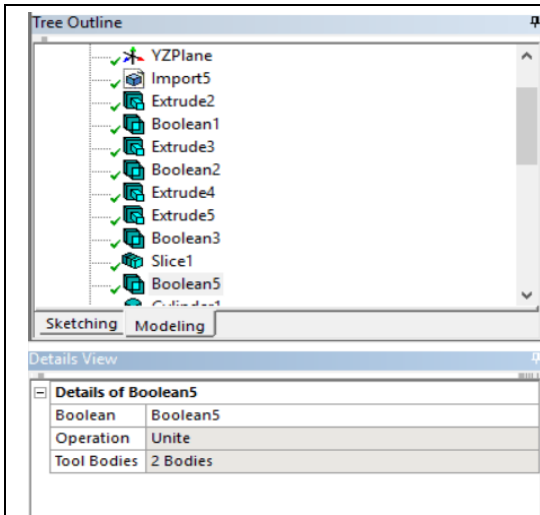
Tall de les 4 restes de l'extrusió que superen la superfície de la base i no són necessàries.



Acció número 6

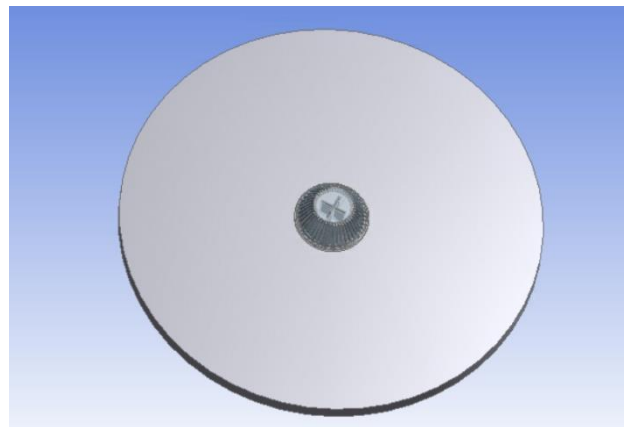
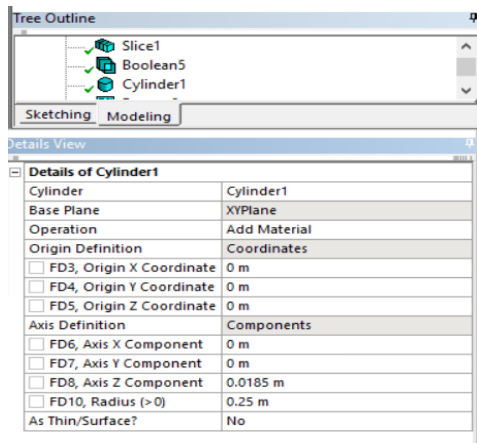
Unió del cos principal de la crepina amb el cilindre central pel qual es recol·lecta i redirigeix el fluid.

Estudi de l'efecte de diferents tipus de crepines en la caiguda de pressió de filtre de sorra



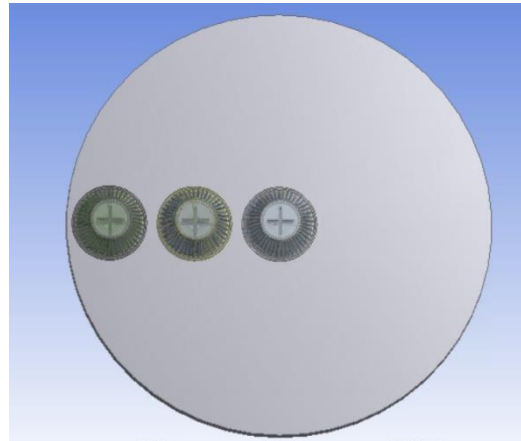
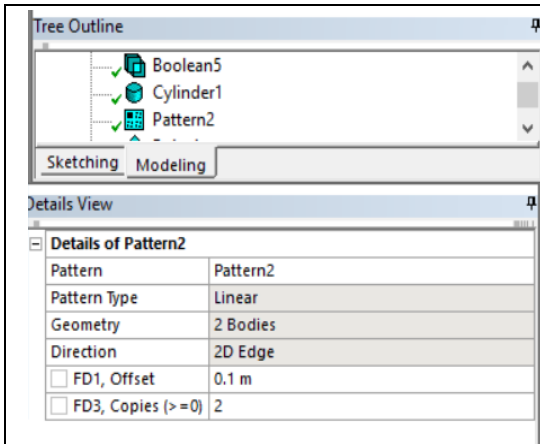
Acció número 7

Creació del cilindre que es considerarà com a base del conjunt de crepines. Situat a les coordenades on es troba la crepina inicial.



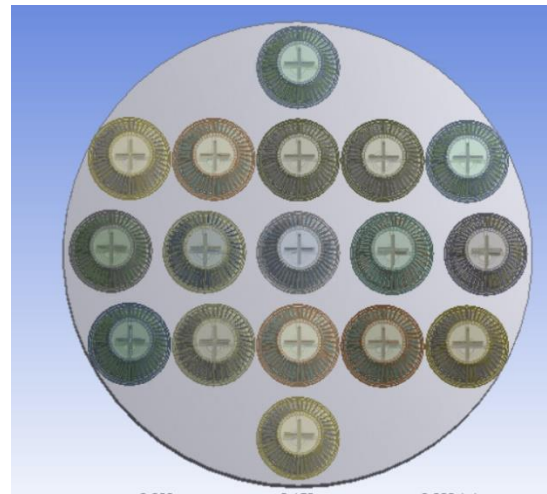
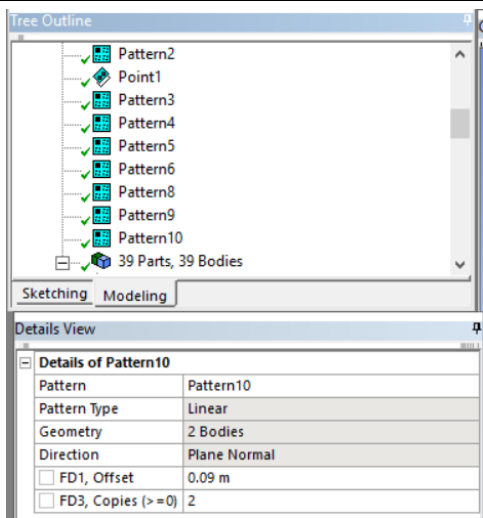
Acció número 8

Creació d'un pattern lineal on es realitzen còpies de la crepina inicial en la direcció desitjada.



Acció número 9

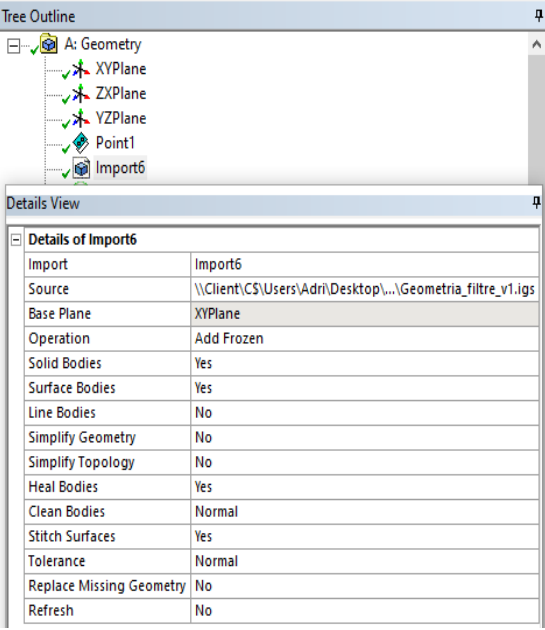
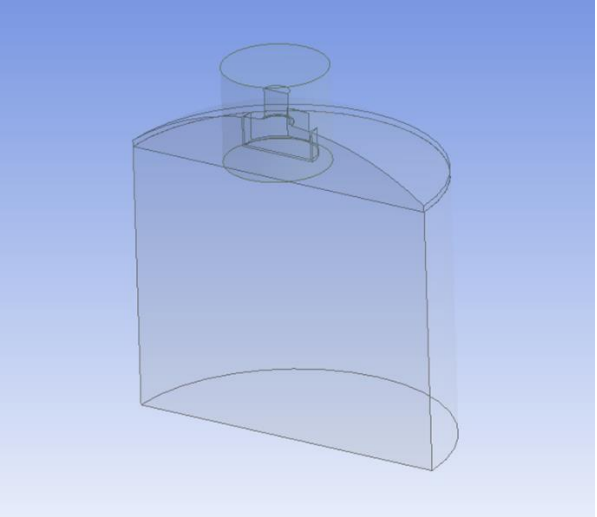
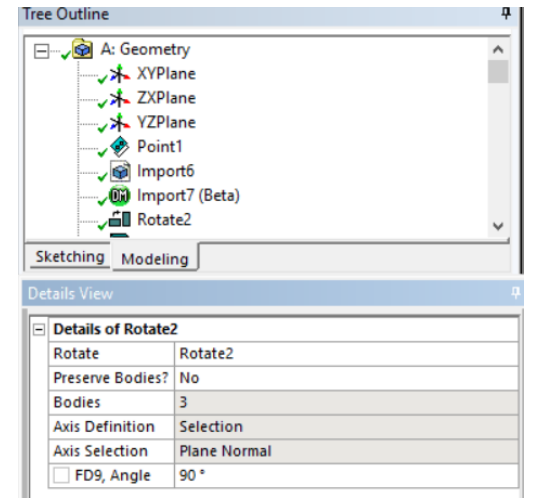
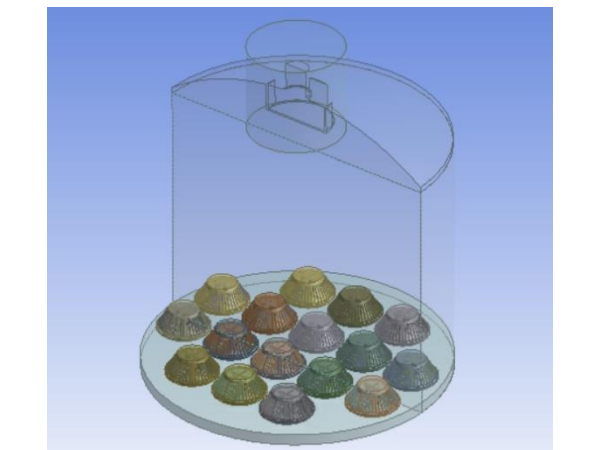
Seguit de patterns en les direccions i sentits desitjats per obtenir la disposició de les crepines troncocòniques en les zones esperades. De la mateixa manera, en els casos on les disposicions són circulars es realitzen patterns circulars.

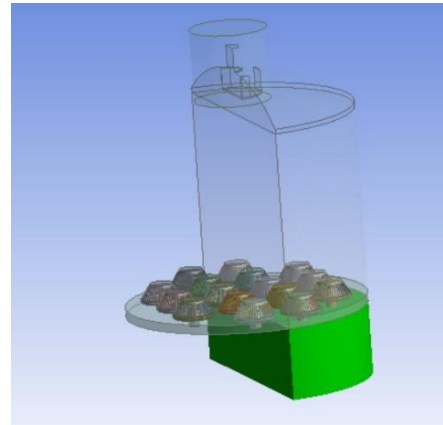
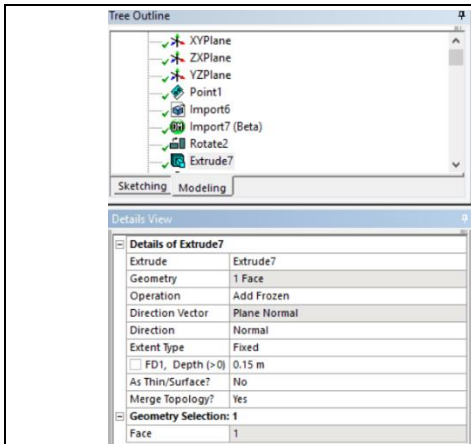


Acció número 10

S'importa el cos superior del model de filtre amb el que és durà a terme l'estudi.

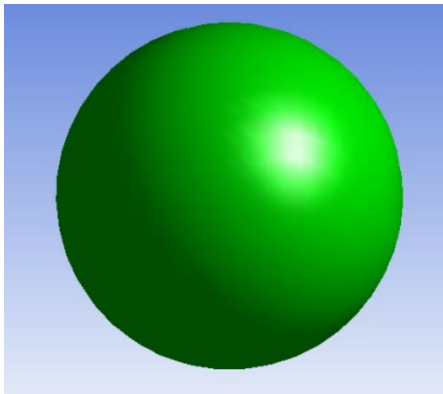
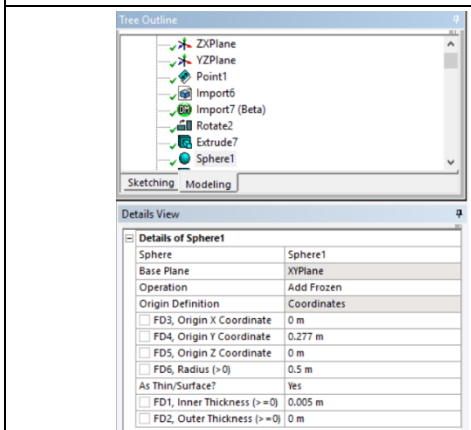
Estudi de l'efecte de diferents tipus de crepines en la caiguda de pressió de filtre de sorra

	
<p>Acció número 11</p>	<p>Rotació dels elements creats del filtre per fer coincidir amb la posició de les crepines troncocòniques de la base.</p>
	
<p>Acció número 12</p>	<p>Extrusió de la part inferior del filtre (Zona d'acumulació d'aigua).</p>



Acció número 13

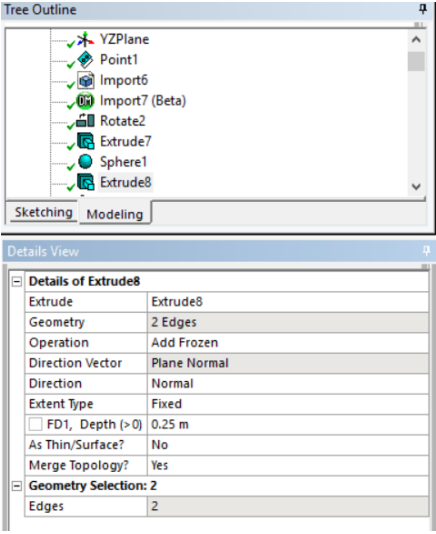

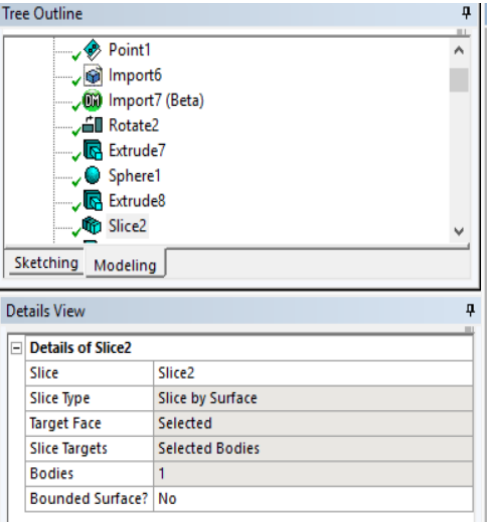

Creació d'una esfera per poder disposar d'una capota inferior de forma arrodonida, seguint el mateix criteri que a la part superior.

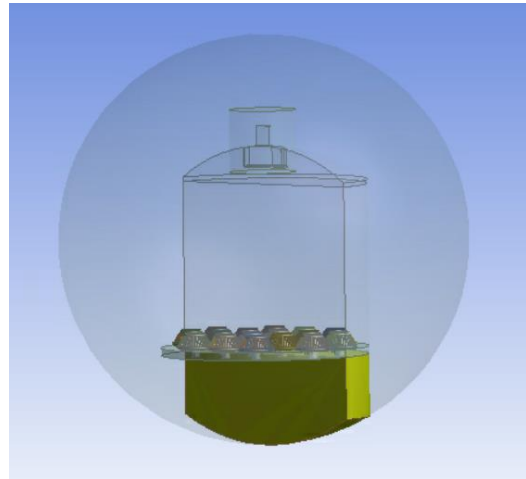
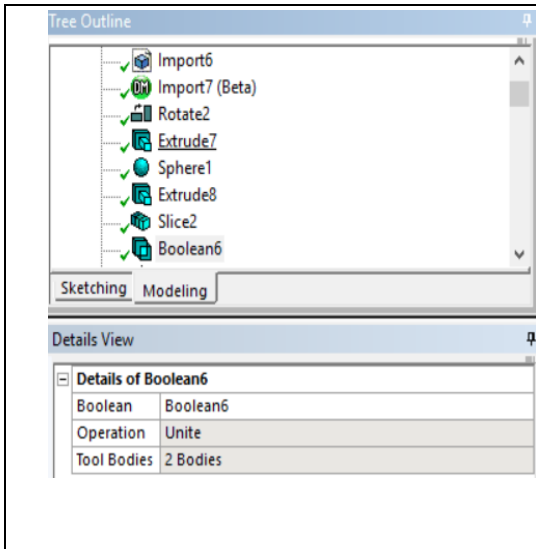


Acció número 14

Creació d'una nova extrusió a la part inferior que permeti superar el perímetre definit per la geometria de l'esfera i per tant acabar d'emplenar l'interior de l'esfera amb el material que finalment es considerarà com a capota inferior.

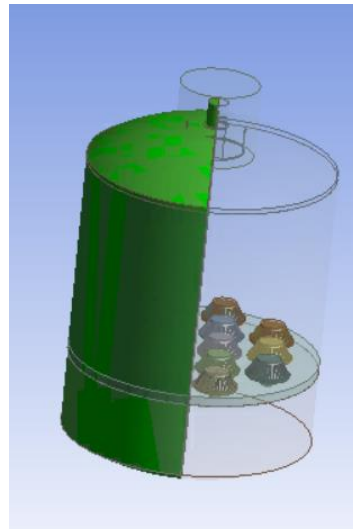
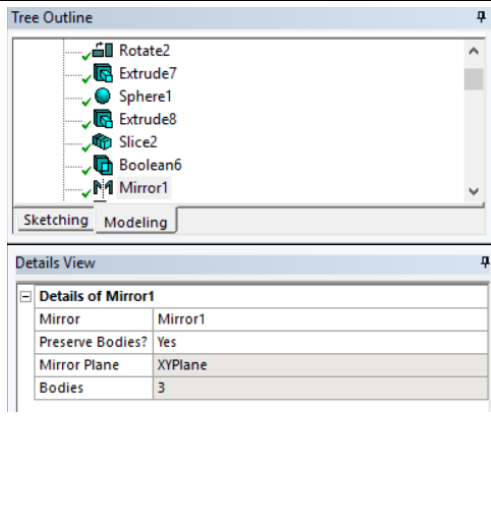
Estudi de l'efecte de diferents tipus de crepines en la caiguda de pressió de filtre de sorra

	
<p>Acció número 15</p>	<p>Realització d'un tall del material sobrant de l'extrusió i eliminació del material extra.</p>
	
<p>Acció número 16</p>	<p>Unió dels dos cossos creats en les extrusions anteriors mitjançant un booleà.</p>



Acció número 17

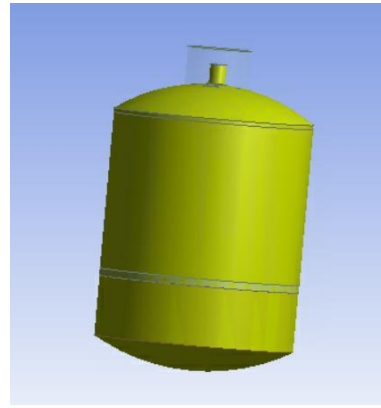
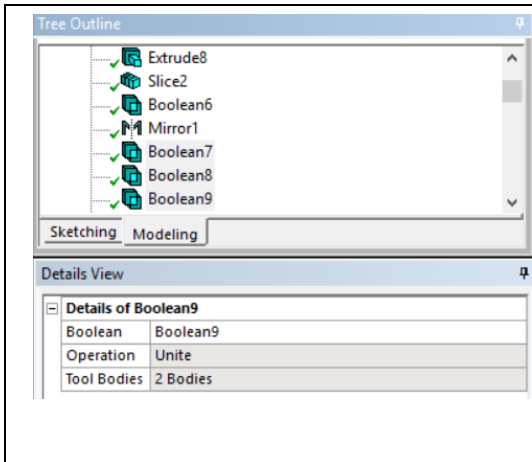
Aplicació d'efecte mirall per disposar del filtre complet en la seva totalitat.



Acció número 18

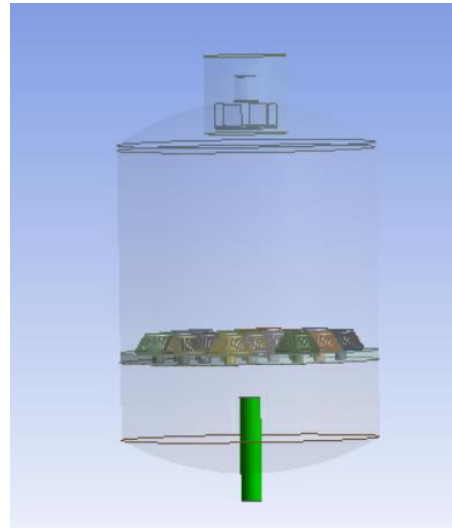
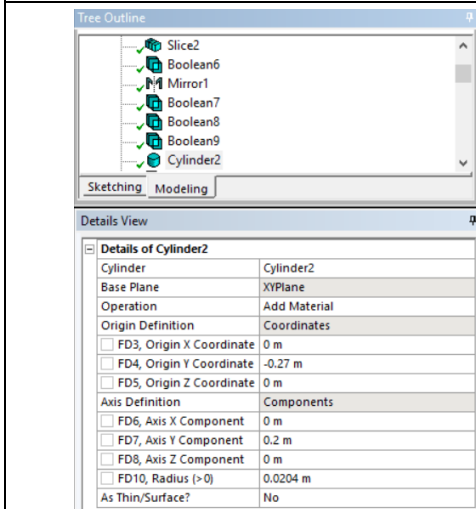
Unió de les dues simetries mitjançant diferents booleans. Mitjançant tres booleans s'uneixen les dues parts superiors, les dues centrals i les dues inferiors.

Estudi de l'efecte de diferents tipus de crepines en la caiguda de pressió de filtre de sorra



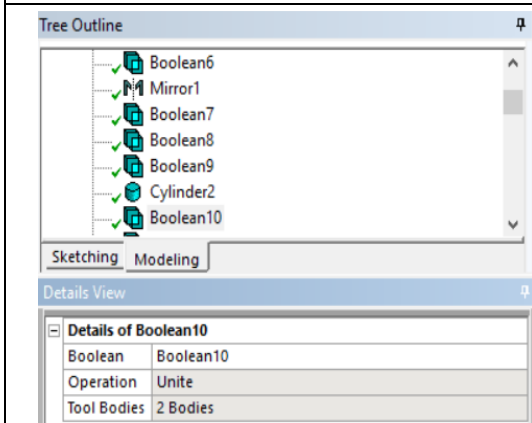
Acció número 19

Creació d'un cilindre inferior que tindrà la funció d'evacuació del fluid.



Acció número 20

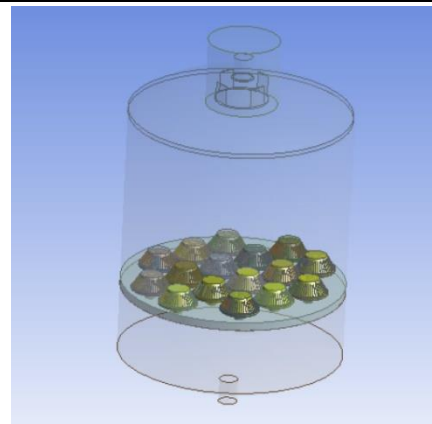
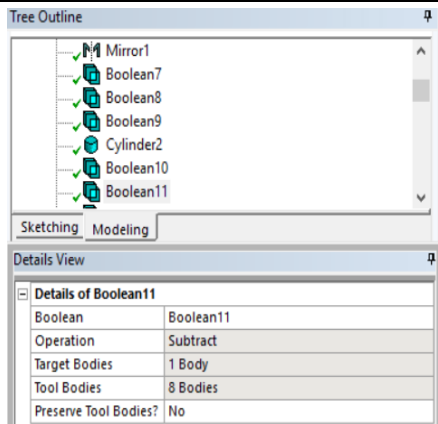
Unió del cilindre d'evacuació amb el cos inferior del filtre.



Acció número 21

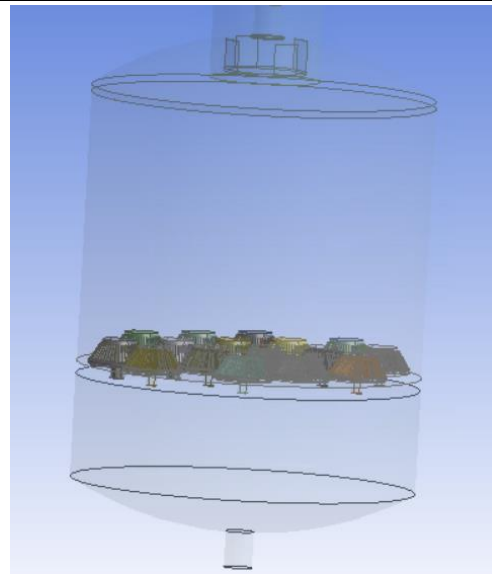
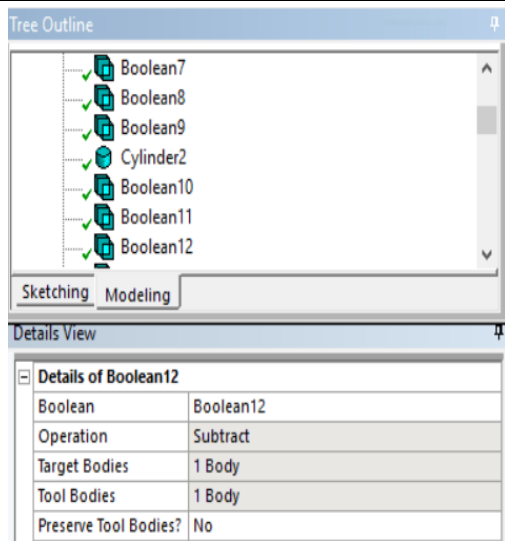
Substracció del volum de les crepines del cos general del filtre. Com es realitza una simetria

només seleccionem les 8 crepines que estudiarem.



Acció número 22

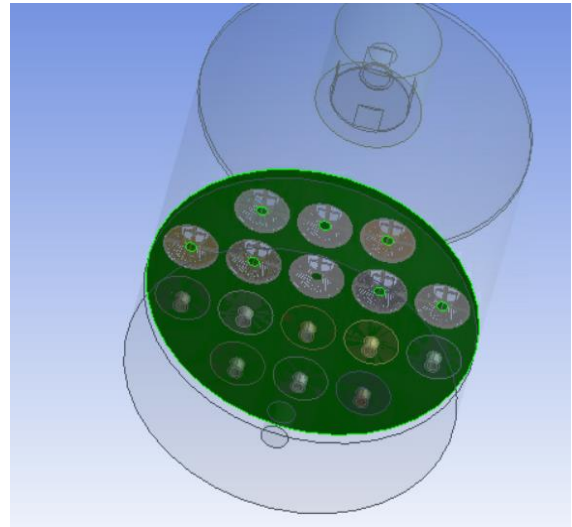
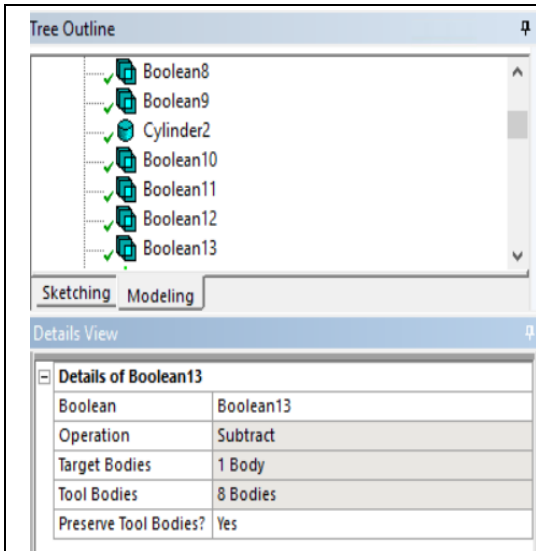
Subtracció de la base cilíndrica on estan situades les crepines del conjunt del filtre. Mantinent les crepines en el conjunt.



Acció número 23

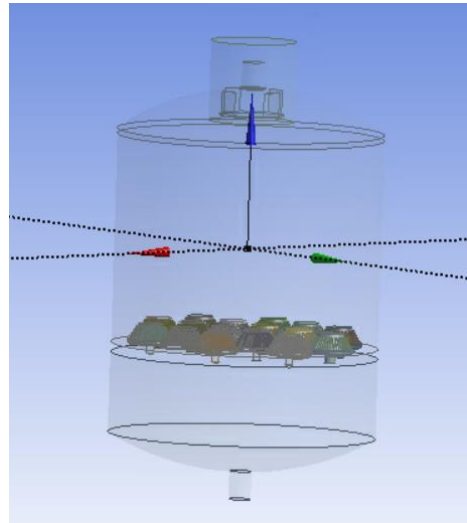
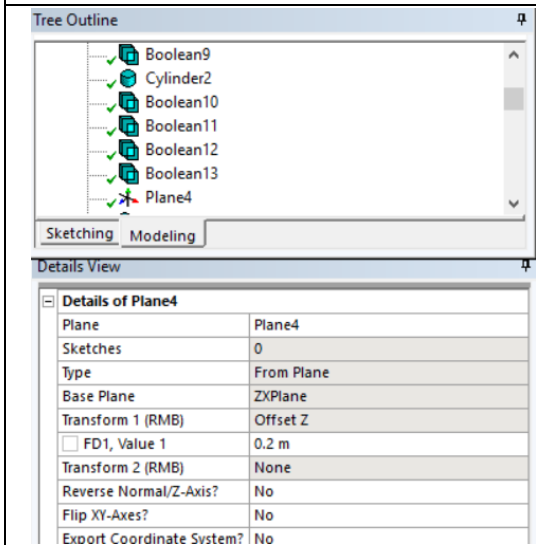
Unió dels extrems o fons de les crepines amb la zona inferior del filtre, zona on es recull el fluid.

Estudi de l'efecte de diferents tipus de crepines en la caiguda de pressió de filtre de sorra



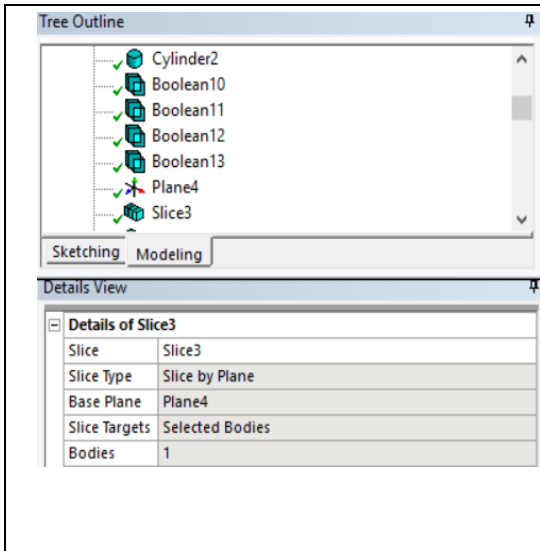
Acció número 24

Creació d'un pla de coordenades a una alçada determinada per poder separar les dues zones (amb medi o sense medi).



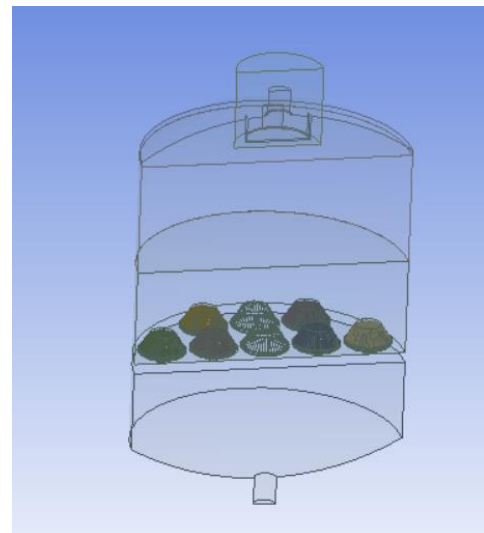
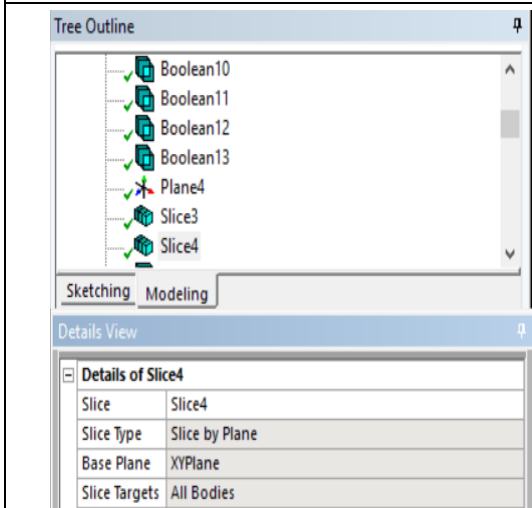
Acció número 25

Realització del tall pel pla creat.



Acció número 26

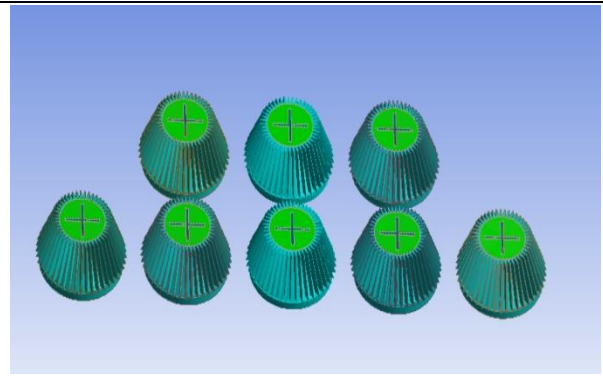
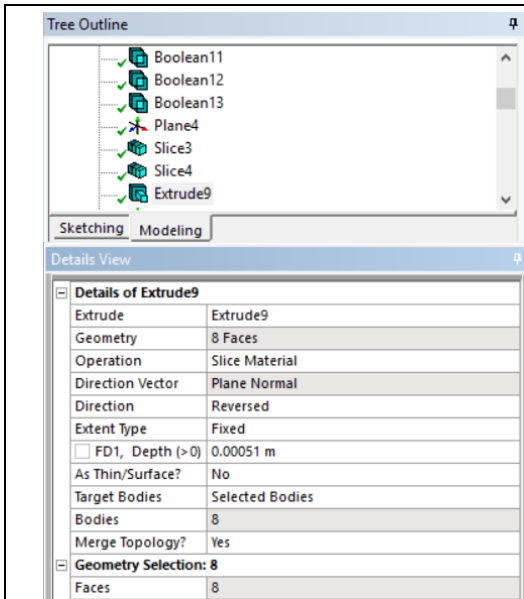
Tall total realitzant simetria completa de tots els elements que intervenen en el filtre.



Acció número 27

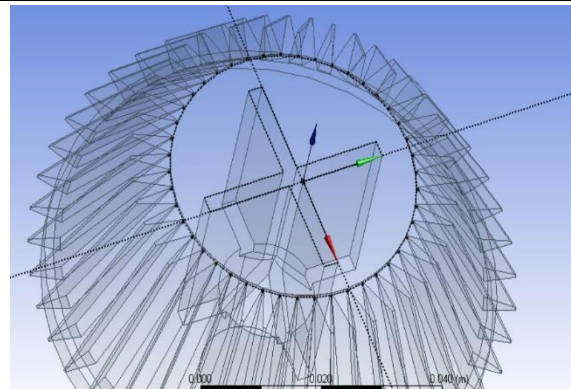
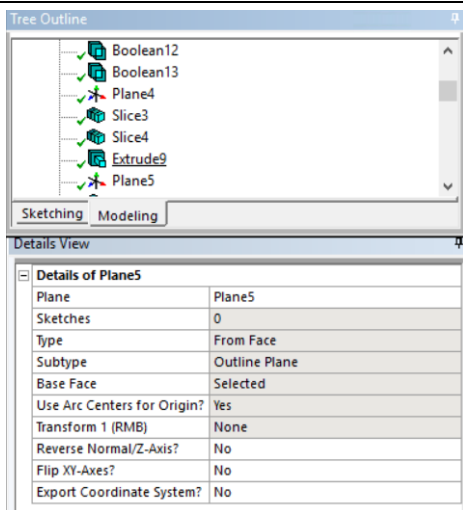
Apreciant amb cura la superfície de les crepines es comprova que existeix una diferència de nivell el qual provocaria dificultats en l'obtenció de resultats. Per tant s'opta en fer una mínima extrusió en sentit contrari per uniformar superfícies.

Estudi de l'efecte de diferents tipus de crepines en la caiguda de pressió de filtre de sorra



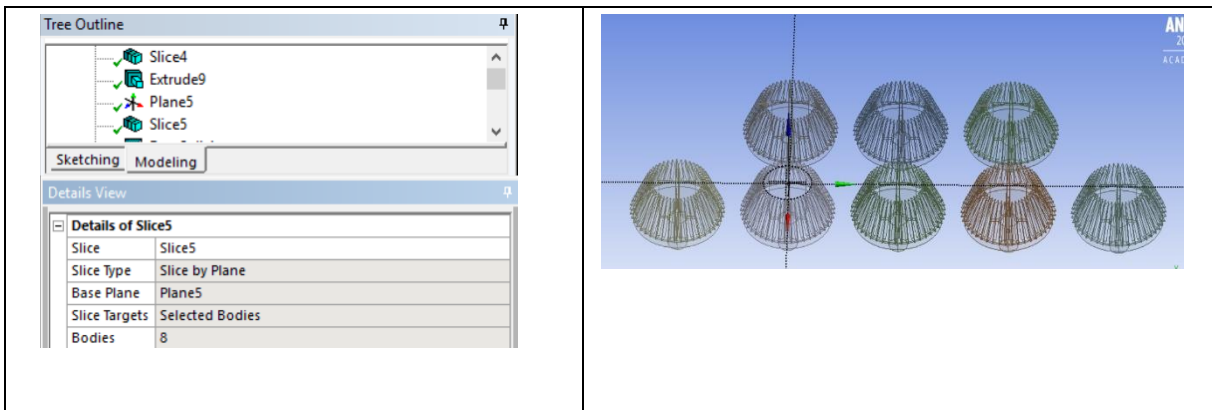
Acció número 28

Creació d'un nou pla a la superfície extruïda.



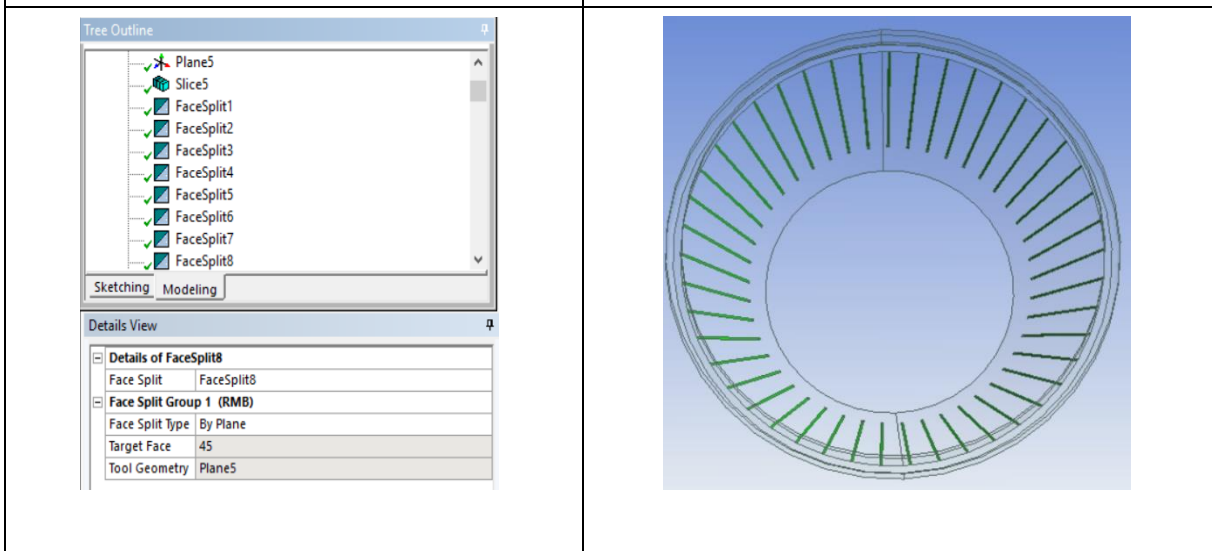
Acció número 29

Tall de tots els elements de les crepines que es trobaven per sobre del pla de tall creat. Posteriorment es suprimeixen aquestes restes de crepina que no formaran part del filtre. Així doncs tota la superfície superior de la crepina es troba a la mateixa alçada.



Acció número 30

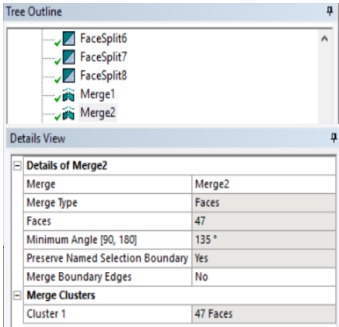
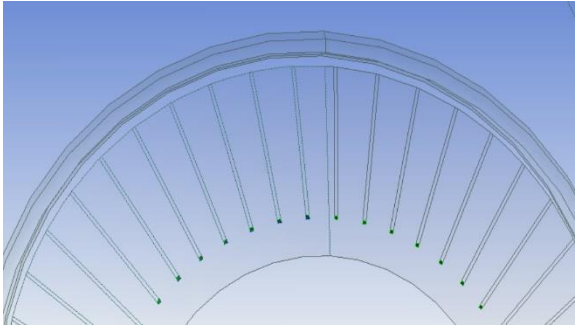
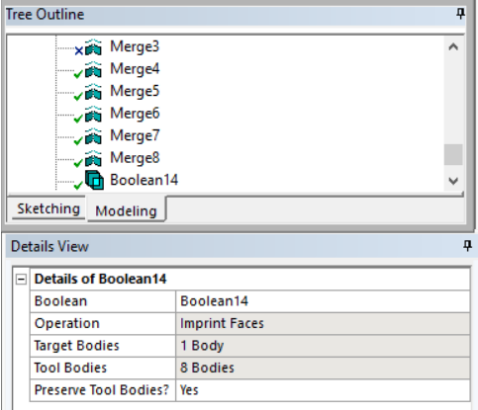
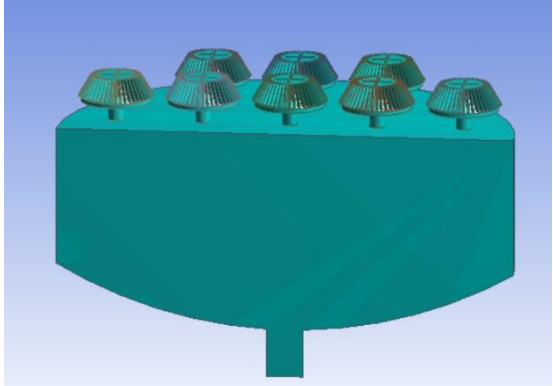
Es realitza un facesplit de cada silueta de cada crepina que hi ha impresa en la geometria superior del filtre. Per fer-ho s'agafa de referència el nou pla creat a l'extrusió de les crepines i es seleccionen les 45 arestes de cada crepina. D'aquesta manera s'aconsegueix dividir les ranures de filtració a la nova alçada després d'haver reduït en el pas anterior el sobrant de la crepina.

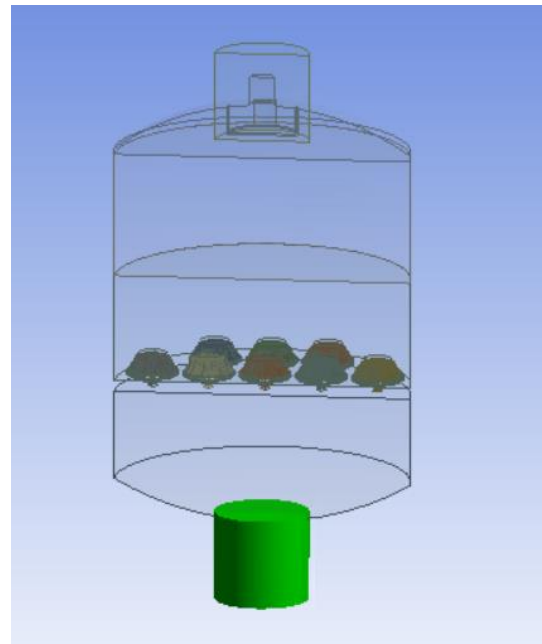
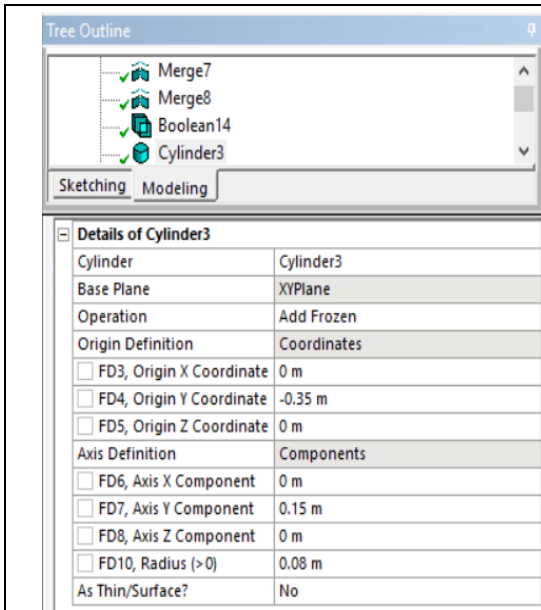


Acció número 31

Seguidament es realitza un merge a cada crepina on es pretén homogeneïtzar la part superior de les ranures que s'han eliminat i per tant cal unir-les amb la resta de la geometria.

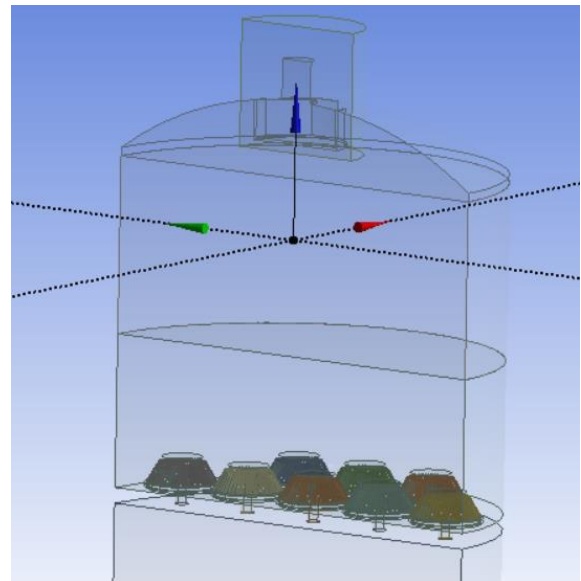
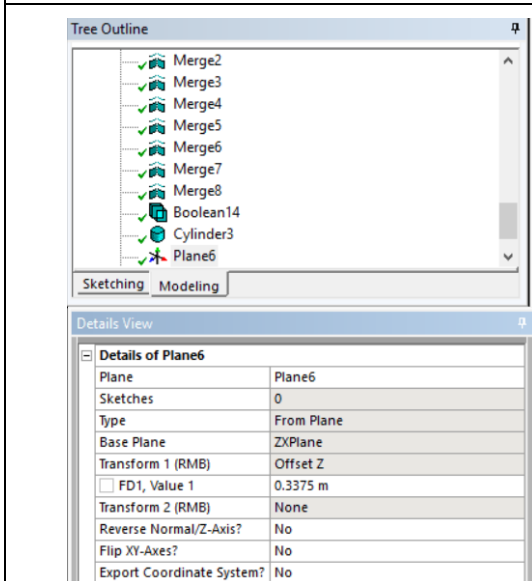
Estudi de l'efecte de diferents tipus de crepines en la caiguda de pressió de filtre de sorra

	
<p>Acció número 32</p>	<p>S'utilitza un booleà que permet fer una impressió de l'extrem inferior de les crepines en el dipòsit inferior. D'aquesta manera permetrà la circulació del fluid de l'interior de les crepines en direcció al filtre.</p>
	
<p>Acció número 33</p>	<p>Finalment es crea un cilindre inferior que serà utilitzat com a body d'influència.</p>



Acció número 34

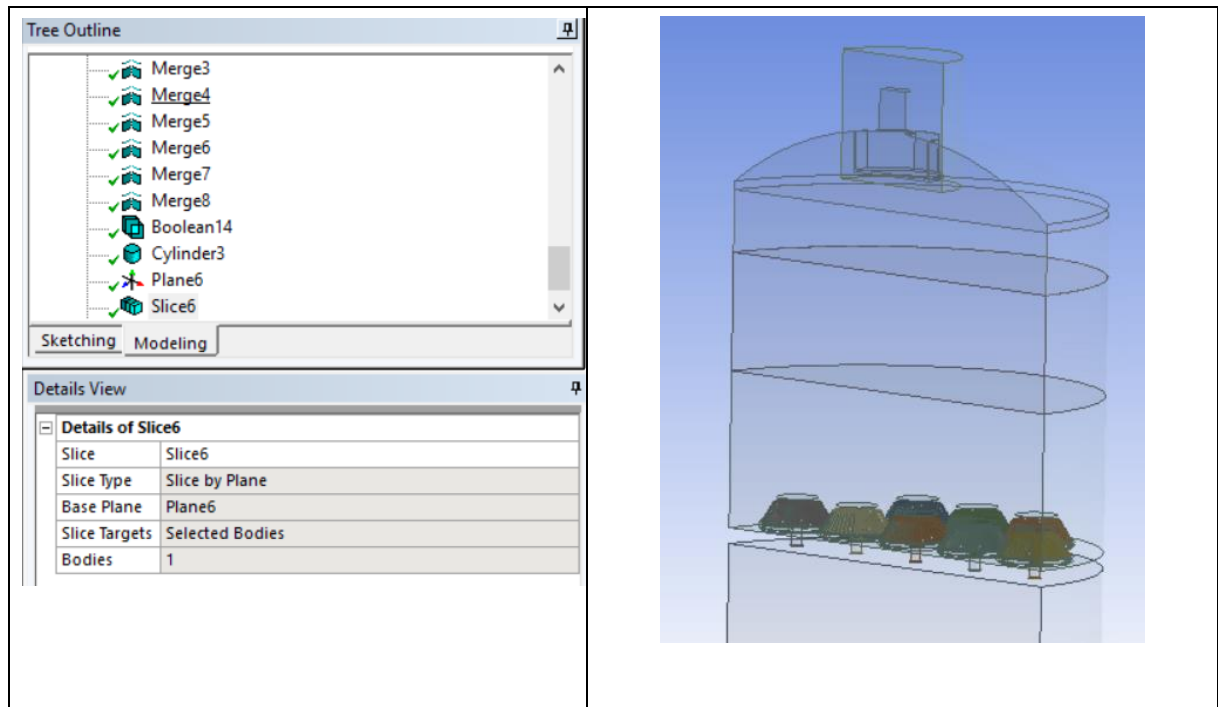
Creació d'un nou pla per simular una nova alçada de sorra així doncs es permet realitzar l'estudi amb dos nivells de sorra diferents.



Acció número 35

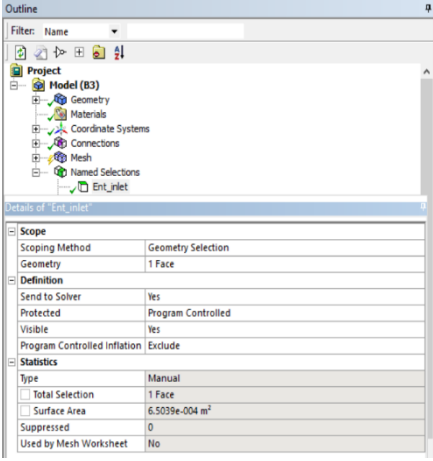
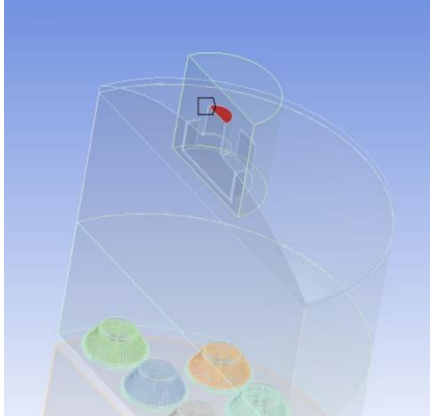
Tall pel pla generat disposant així d'un volum de sorra que arriba fins als 30 cm d'alçada.

Estudi de l'efecte de diferents tipus de crepines en la caiguda de pressió de filtre de sorra

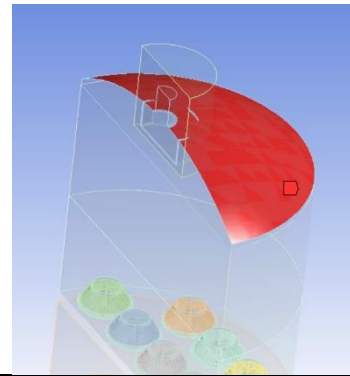
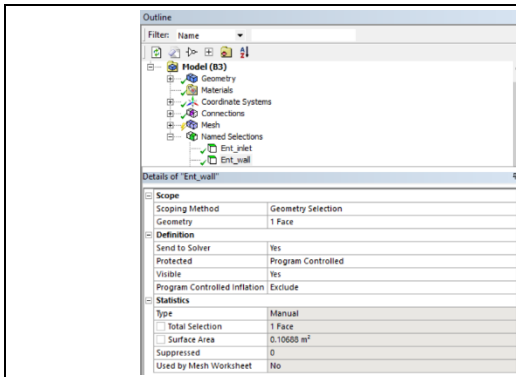


ANNEX B. MALLAT

De la mateixa manera que en la que s’han creat les geometries s’ha procedit a la creació d’un mallat per a cada model estudiat. El programari Ansys pot generar un mallat per defecte per tota la geometria molt bast, la qual cosa aporta una informació poc considerable, ja que certs elements del filtre són els que haurien de rebre la major importància amb una malla més fina. Les crepines i la sorra com a norma general marquen un paper fonamental en aquest estudi, ja que és on es trobaran les pèrdues de càrrega més importants. Per tant és important crear un mallat heterogeni en el qual es pugui variar la densitat del mallat depenent dels elements. Per fer-ho cal crear unes etiquetes anomenades “name selections” mitjançant les quals es podran diferenciar els elements. Una vegada creades aquestes etiquetes es pot procedir a l’assignació del mallat de cada element. Seguidament es mostrarà un taula amb el procediment de preparació del mallat, el qual serà diferent per a cada model però es regirà mitjançant les mateixes tècniques.

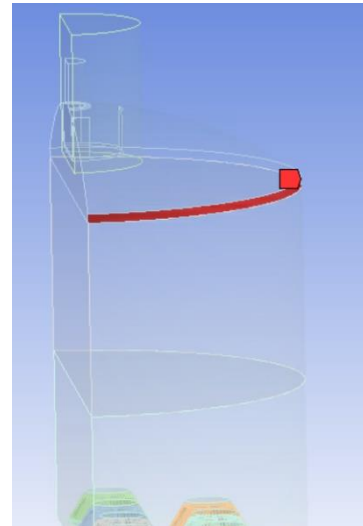
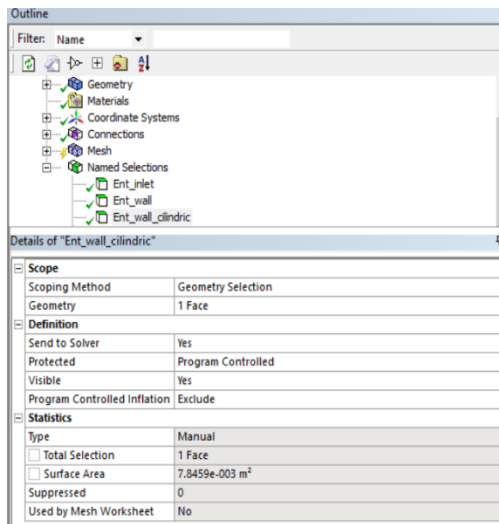
Número d’acció	Descripció
Codi	Representació
Acció número 1	Creació del name selection de l’entrada anomenat “Ent_inlet”. Format per la cara superior del tub.
	
Acció número 2	Creació del name selection de la paret de la cúpula superior anomenat “Ent_wall”. Format per la cara superior del filtre.

Estudi de l'efecte de diferents tipus de crepines en la caiguda de pressió de filtre de sorra



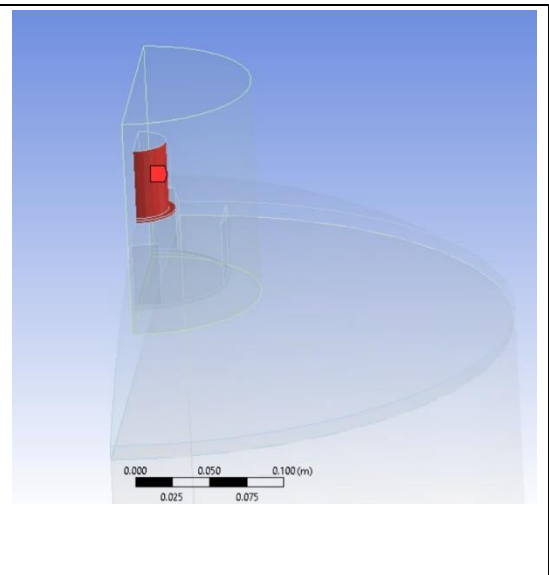
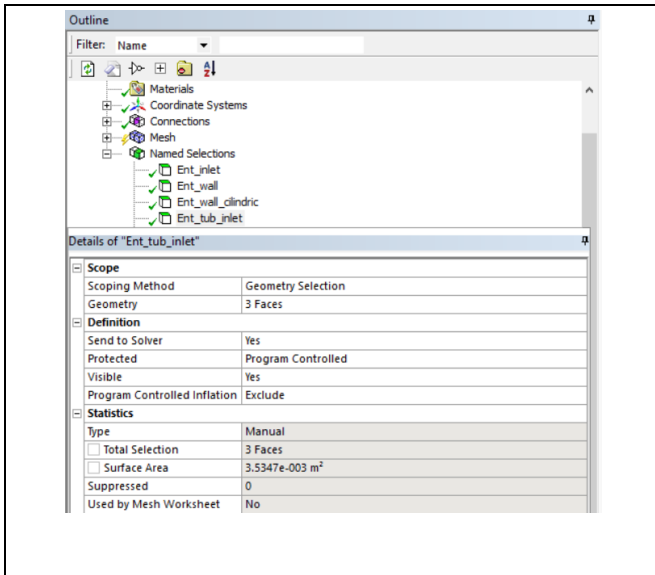
Acció número 3

Creació del name selection de la paret de la cúpula superior anomenat "Ent wall cilíndric". Format per la cara lateral de la cúpula del filtre.



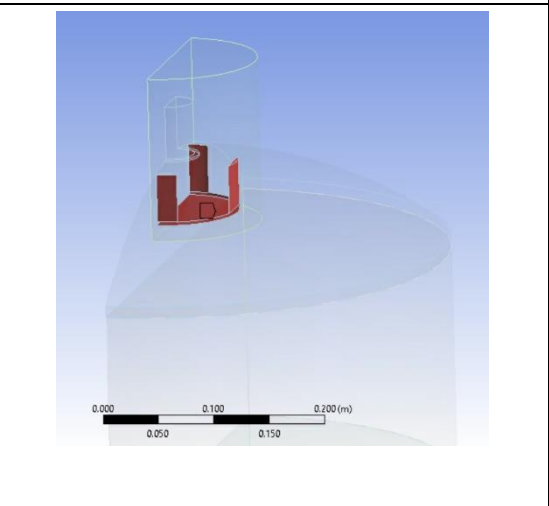
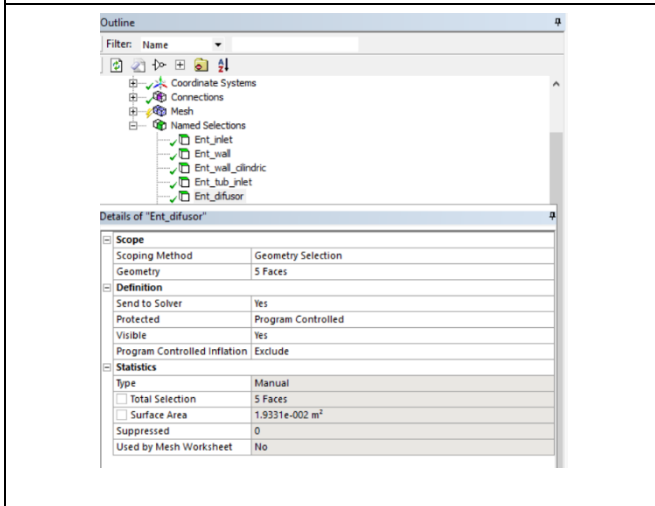
Acció número 4

Creació del name selection de les parets del tub superior de l'entrada anomenat "Ent tub inlet". Format per les cares laterals del tub d'entrada.



Acció número 5

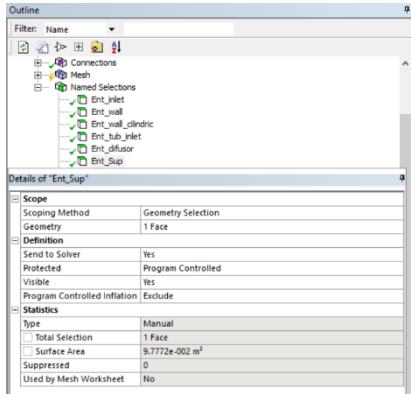
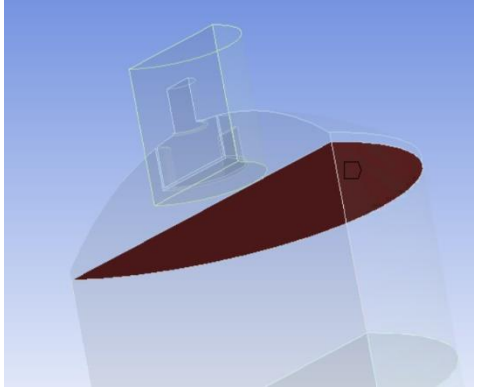
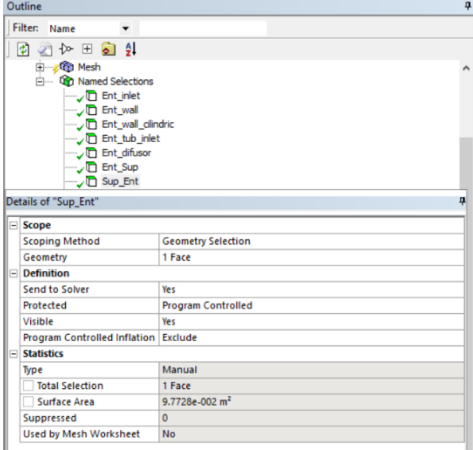
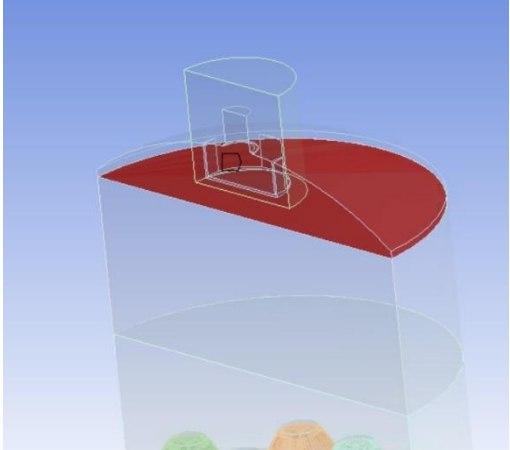
Creació del name selection de les parets del difusor anomenat “Ent difusor”.
Format per les 5 cares que formen la geometria del difusor.

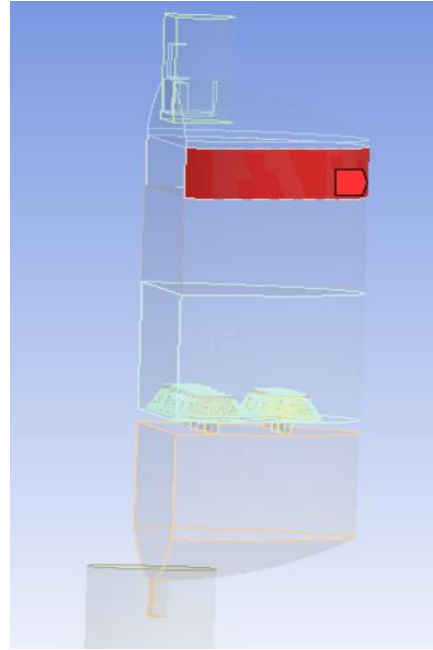
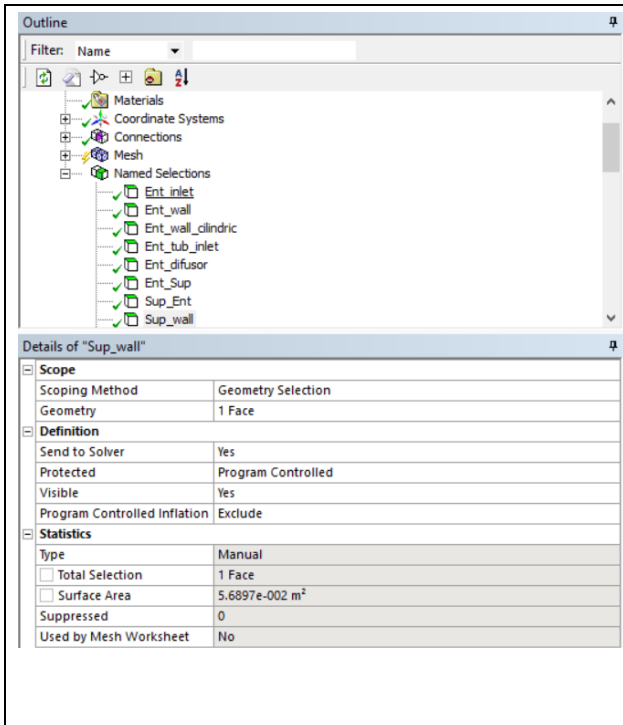


Acció número 6

Creació del name selection de les parets inferiors de l'entrada anomenat “Ent sup”.
Format per les cares inferiors de la cúpula superior.

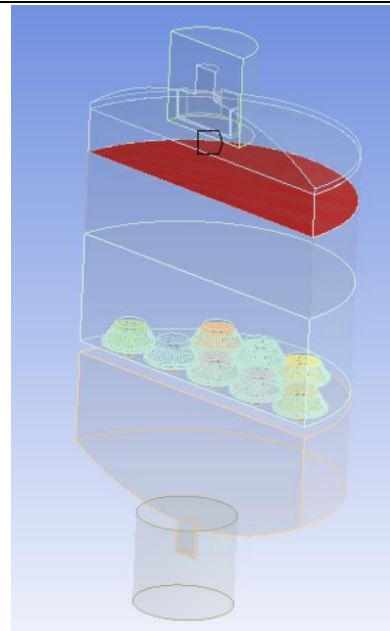
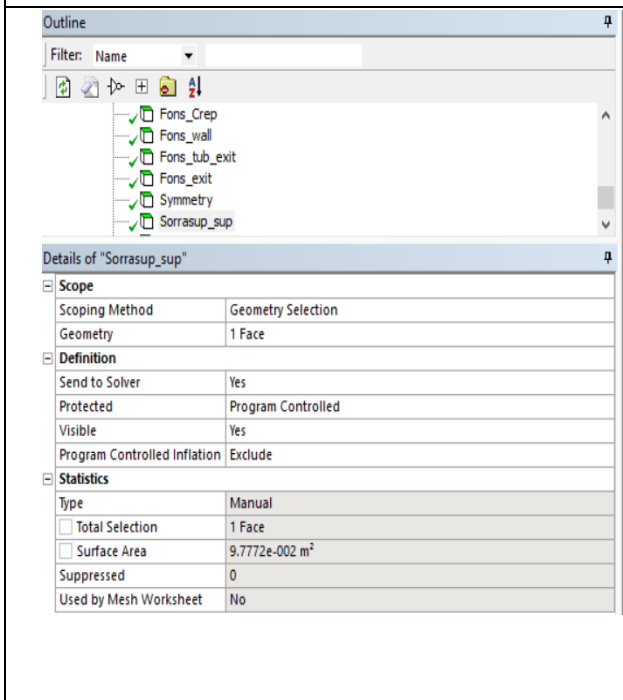
Estudi de l'efecte de diferents tipus de crepines en la caiguda de pressió de filtre de sorra

	
<p>Acció número 7</p>	<p>Creació del name selection de la paret superior del cos central anomenat “Sup Ent”. Format per la cara superior del cilindre central.</p>
	
<p>Acció número 8</p>	<p>Creació del name selection de la paret superior del cos central anomenat “Sup Wall”. Format per la paret exterior de l'espai superior del cilindre central.</p>



Acció número 9

Creació del name selection de la cara inferior del cilindre superior. Anomenat "Sorrassup sup", limita amb la part del cilindre assignada a la zona de sorra superior.



Acció número 10

Creació del name selection de la cara superior de la zona del primer nivell de

Estudi de l'efecte de diferents tipus de crepines en la caiguda de pressió de filtre de sorra

sorra (30 cm d'alçada). Anomenat "Sup_sorra".

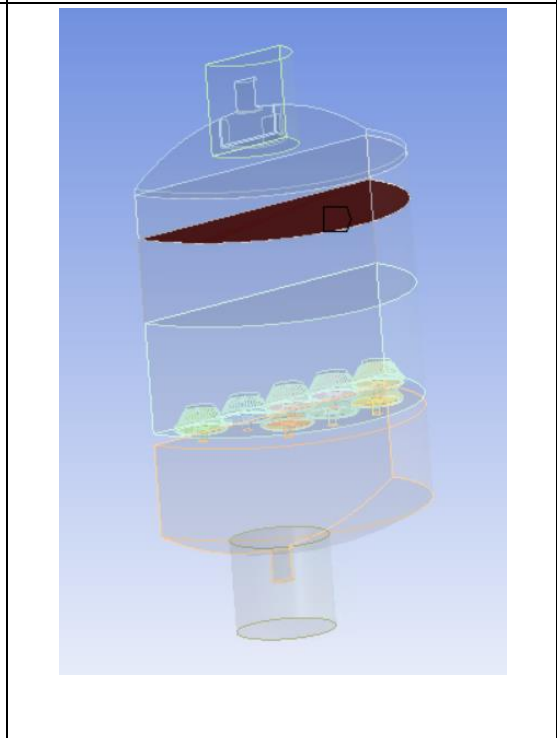
Outline

Filter: Name

- Ent_difusor
- Ent_Sup
- Sup_Ent
- Sup_wall
- Sup_sorra

Details of "Sup_sorra"

Scope	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	1 Face
Definition	
Send to Solver	Yes
Protected	Program Controlled
Visible	Yes
Program Controlled Inflation	Exclude
Statistics	
Type	Manual
<input type="checkbox"/> Total Selection	1 Face
<input type="checkbox"/> Surface Area	9.787e-002 m ²
Suppressed	0
Used by Mesh Worksheet	No



Acció número 11

Creació del name selection de la paret del primer nivell de sorra anomenat "sorrastup_wall".

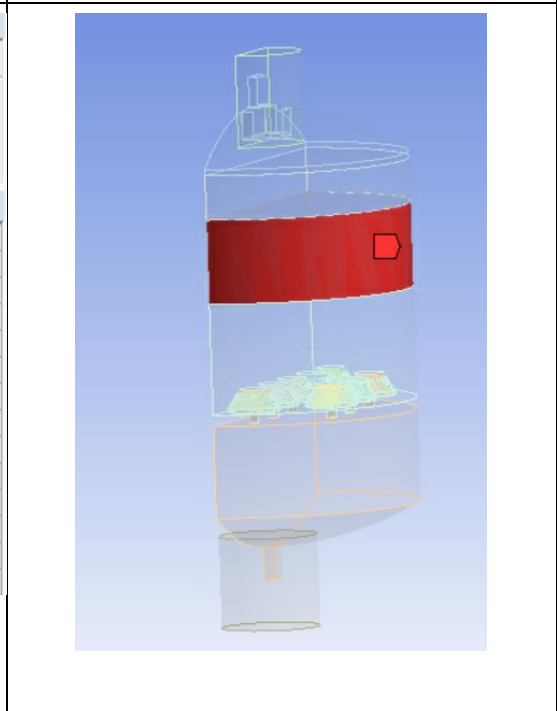
Outline

Filter: Name

- Symmetry
- Sorrastup_sup
- Sorrastup_wall

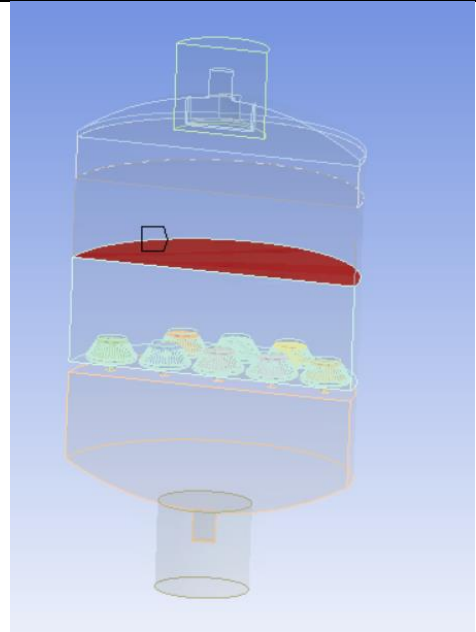
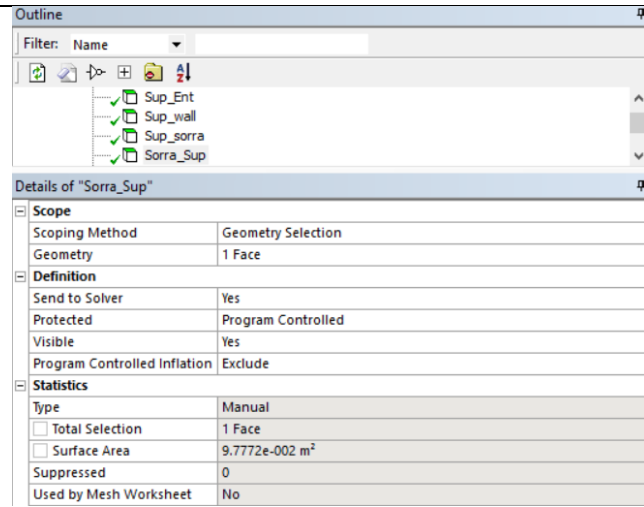
Details of "Sorrastup_wall"

Scope	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	1 Face
Definition	
Send to Solver	Yes
Protected	Program Controlled
Visible	Yes
Program Controlled Inflation	Exclude
Statistics	
Type	Manual
<input type="checkbox"/> Total Selection	1 Face
<input type="checkbox"/> Surface Area	0.10788 m ²
Suppressed	0
Used by Mesh Worksheet	No



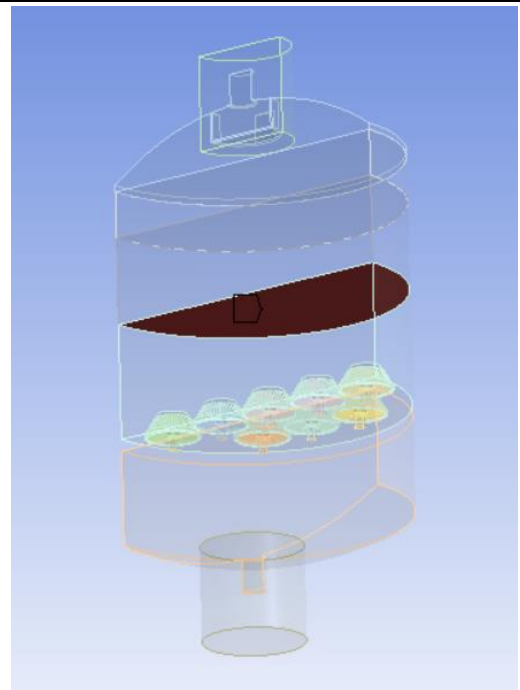
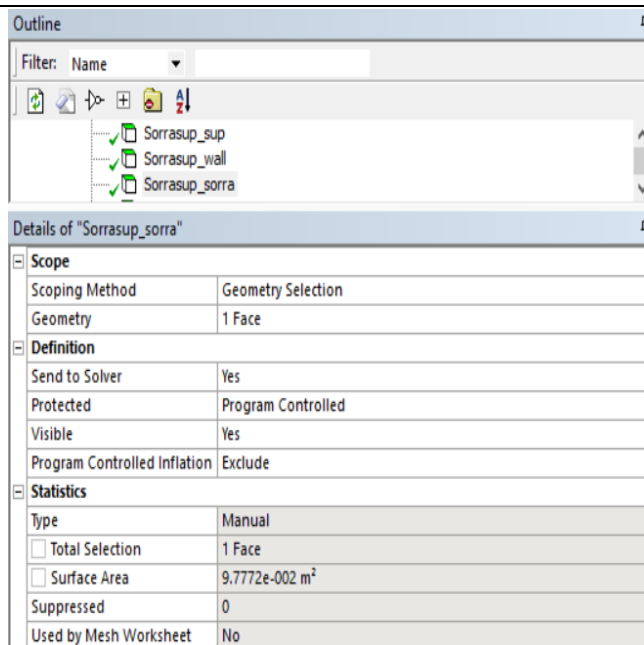
Acció número 12

Name selection de la cara inferior de la primera zona de sorra del filtre. Anomenat "Sorra_sup".

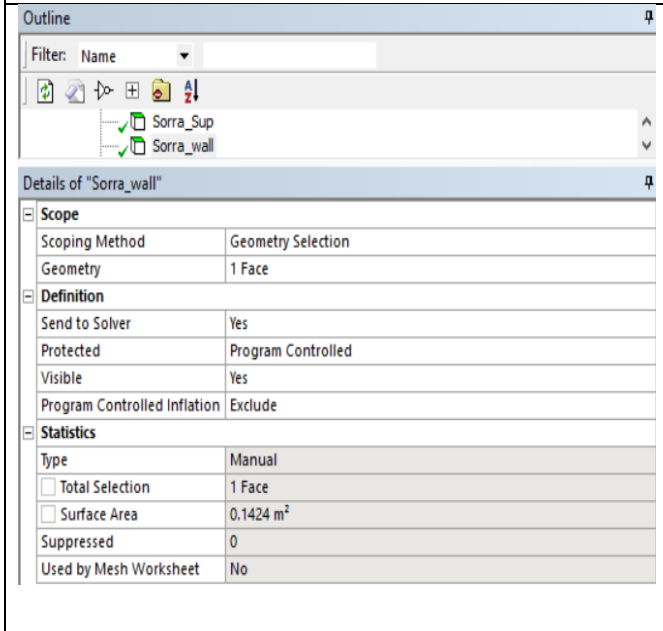
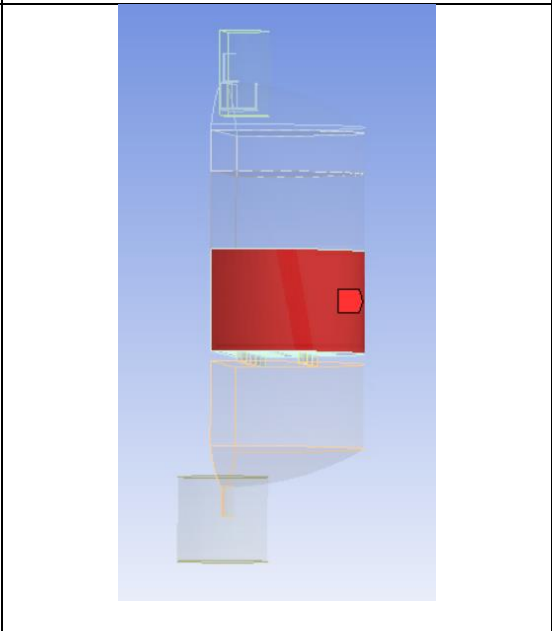
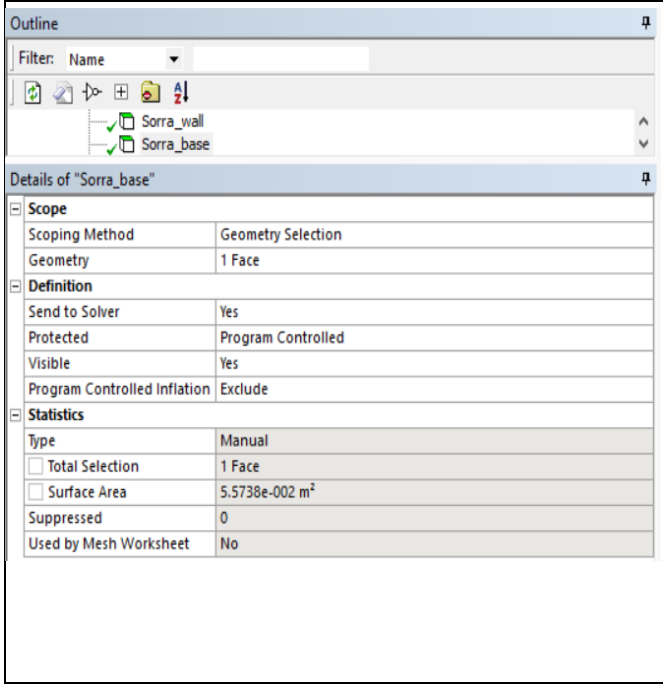
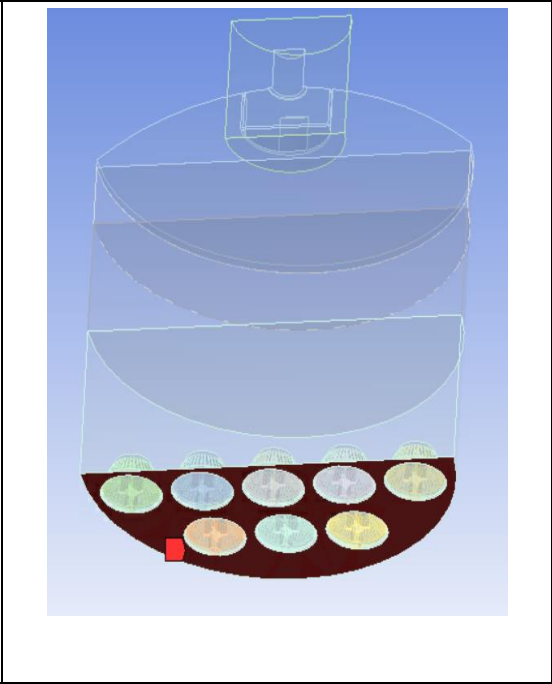


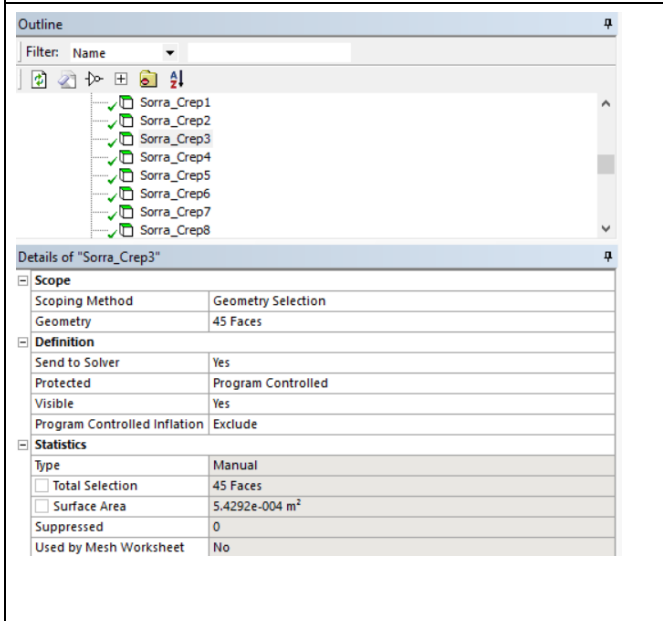
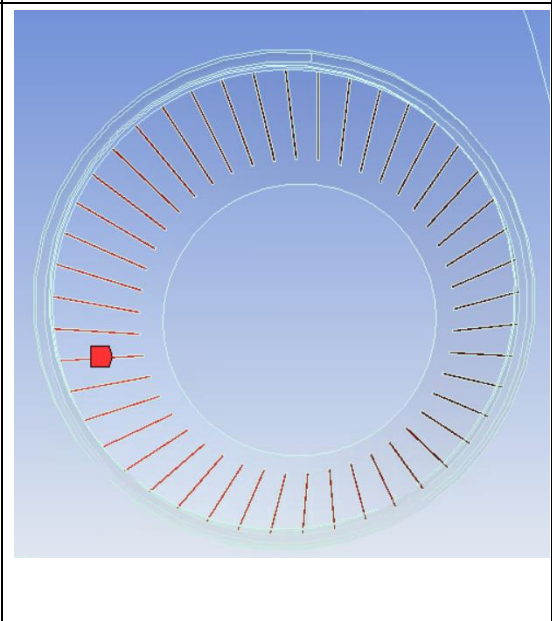
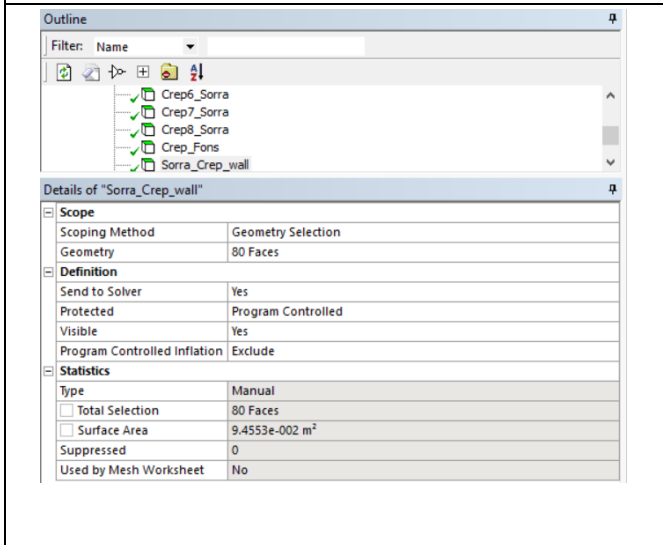
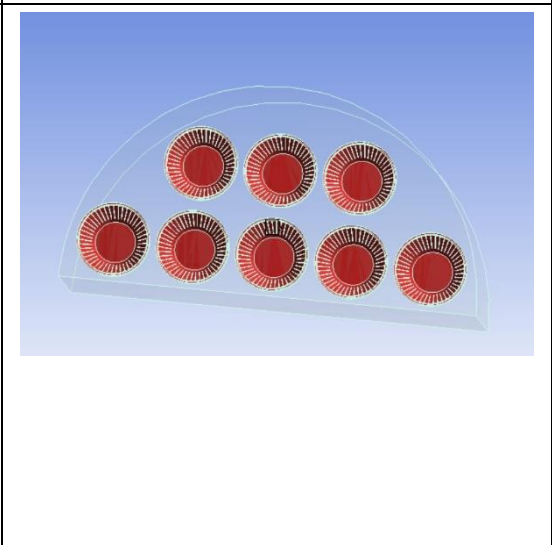
Acció número 13

Name selection de la cara superior del segon volum de sorra situat a 16 cm d'alçada. Anomenat "Sorrasup_sorra".

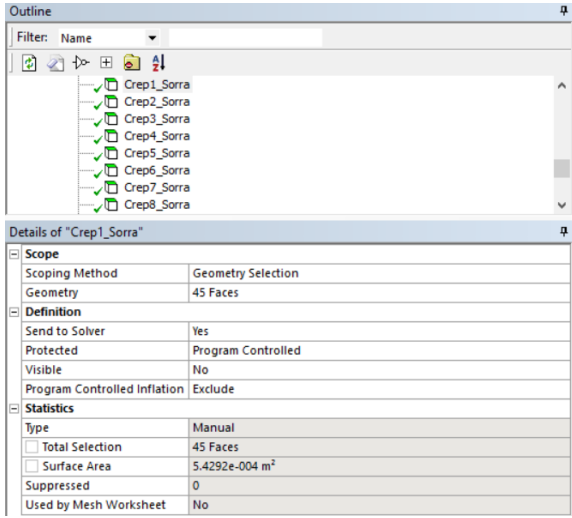
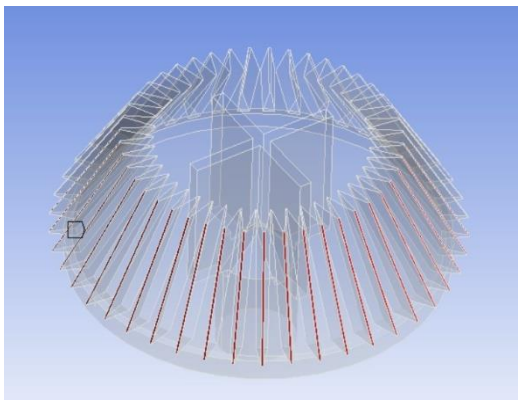
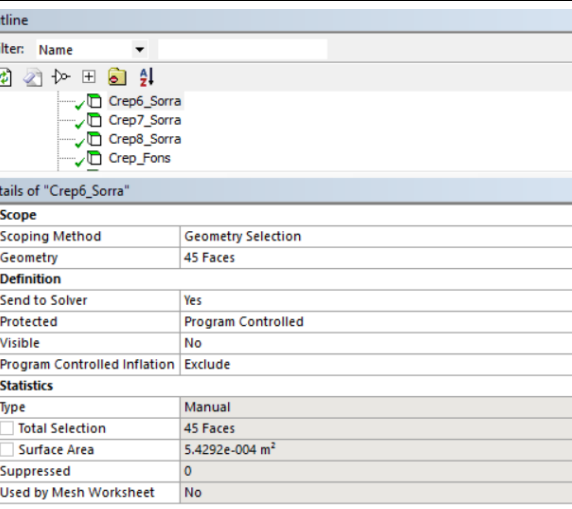
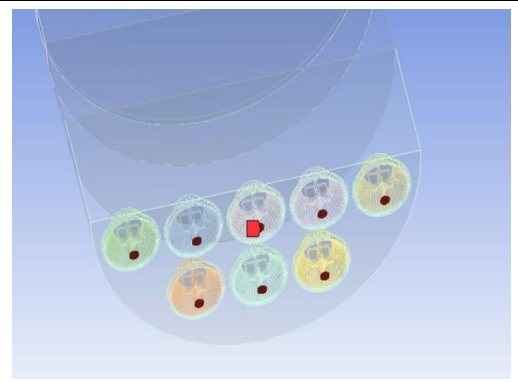


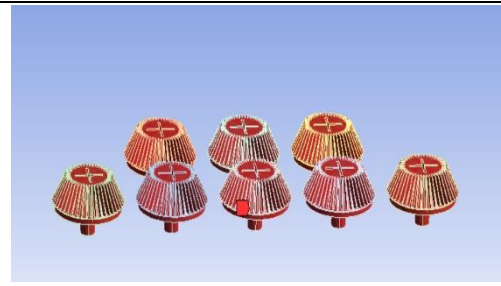
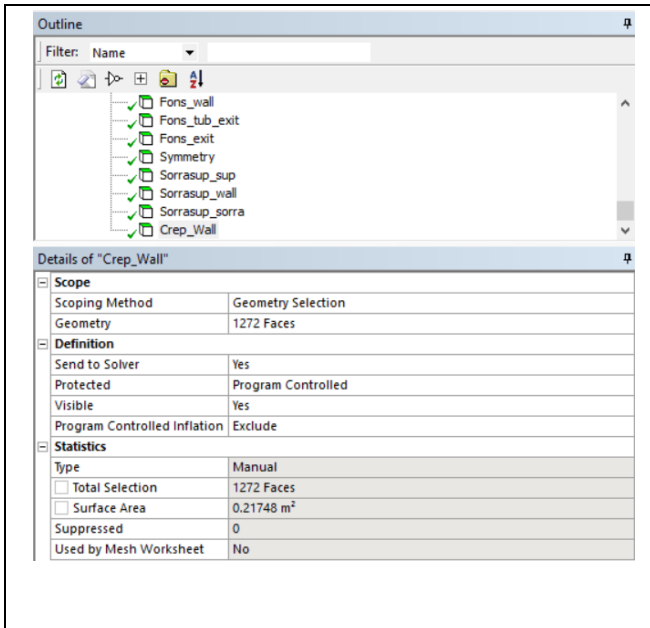
Estudi de l'efecte de diferents tipus de crepines en la caiguda de pressió de filtre de sorra

<p>Acció número 14</p>	<p>Creació del name selection de la paret de la zona de sorra inferior anomenat "Sorra_wall".</p>
	
<p>Acció número 15</p>	<p>Name selection de la cara inferior de la sorra la qual es troba en contacte amb les crepines. Anomenat "Sorra_base".</p>
	
<p>Acció número 16</p>	<p>Name selection que agrupa totes les esletxes de cada crepina representades sobre el volum de la sorra. Anomenat</p>

	<p>“Sorra_CrepX”. Procés repetit per cadascuna de les crepines del model.</p>
	
<p>Acció número 17</p>	<p>Creació del Name selection format per totes les superfícies del volum de sorra que estan en contacte amb les crepines a excepció de les esclatxes seleccionades en el cas anterior. Anomenat “Sorra_Crep_wall”.</p>
	
<p>Acció número 18</p>	<p>Name selection format per les esclatxes de filtració de cada crepina. Procés repetit per a cada crepina del model. Anomenat “CrepX_Sorra”.</p>

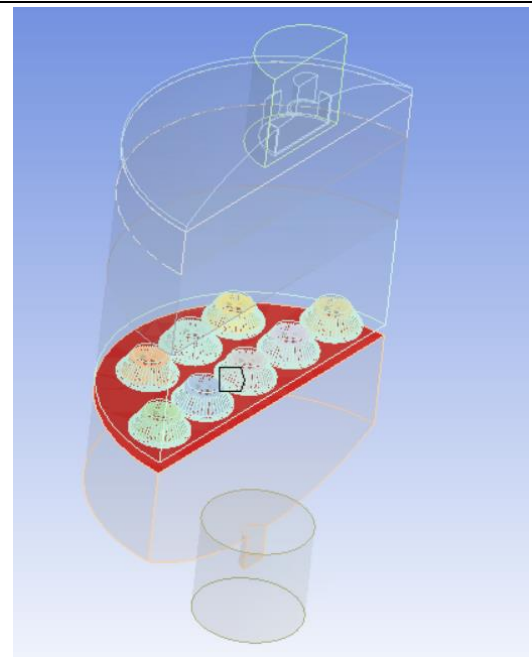
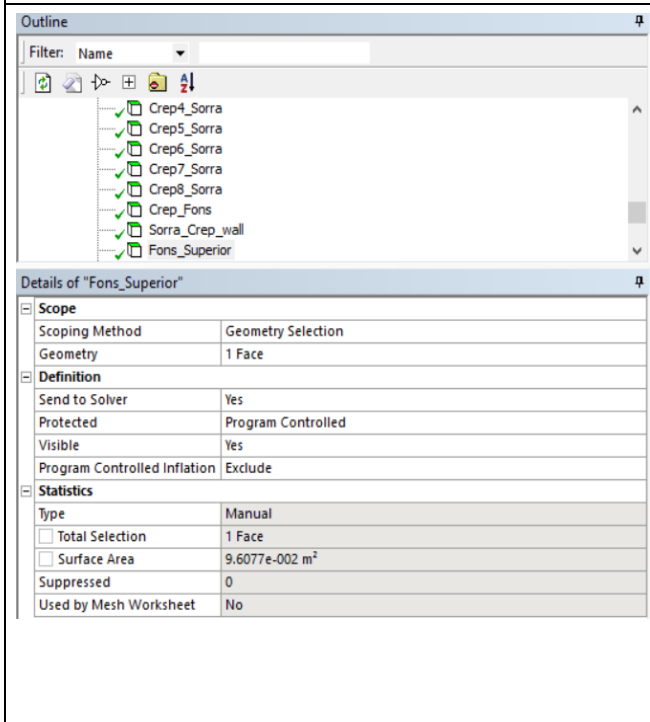
Estudi de l'efecte de diferents tipus de crepines en la caiguda de pressió de filtre de sorra

	
<p>Acció número 19</p>	<p>Name Selection format per la base de les crepines del model, lloc pel qual precipitarà el fluid un cop filtrat. Anomenat “Crep_Fons”.</p>
	
<p>Acció número 20</p>	<p>Name selection format per la totalitat de cares o superfícies que formen la totalitat de les crepines disponibles en el filtre a excepció de les esclotxes de filtració i les cares inferiors d'evacuació agrupades en els casos anteriors. Anomenat “Crep_Wall”.</p>



Acció número 21

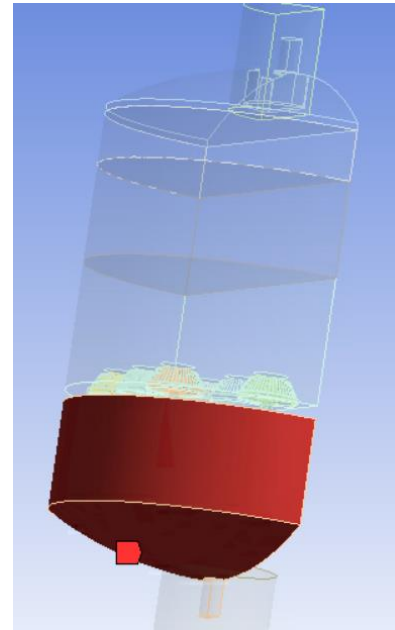
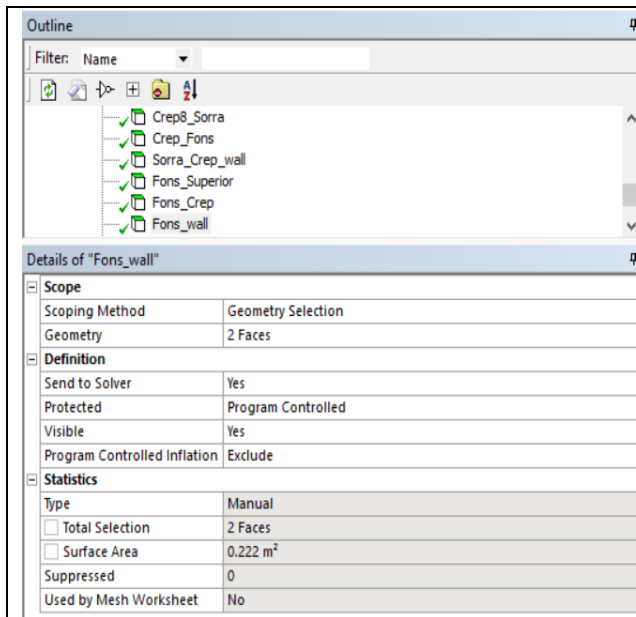
Creació del name selection format per la cara superior del cos inferior del cilindre. Anomenat “Fons_Superior”.



Acció número 22

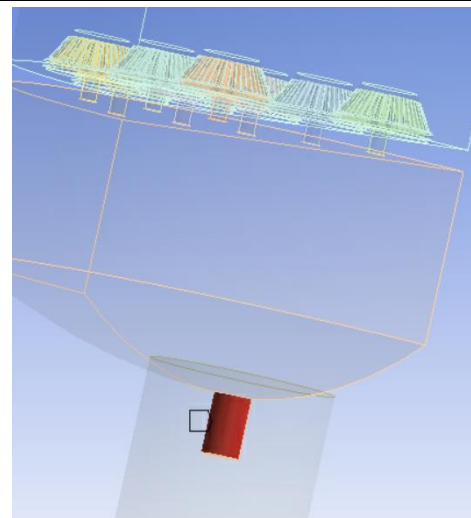
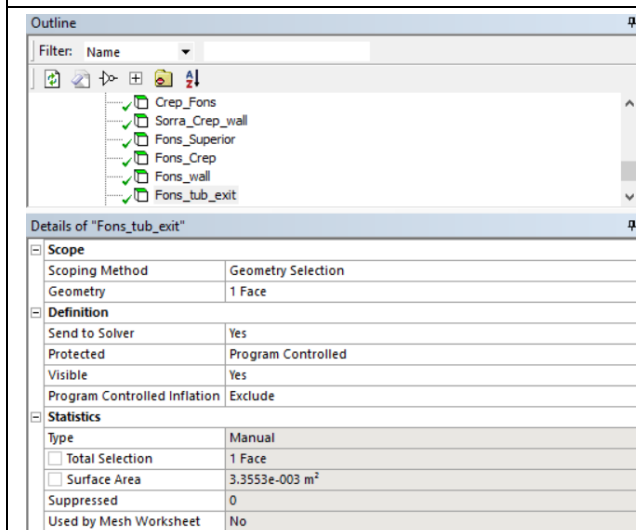
Name selection format per les cares laterals del cos inferior del filtre, lloc on s'emmagatzema el fluid filtrat. Anomenat “Fons_wall”.

Estudi de l'efecte de diferents tipus de crepines en la caiguda de pressió de filtre de sorra



Acció número 23

Name selection de les parets laterals del tub de sortida del filtre lloc pel qual s'evacua el fluid. Anomenat "Fons_tub_exit".



Acció número 24

Name selection de la superfície de sortida del fluid filtrat a l'exterior del filtre. Anomenat "Fons_exit".

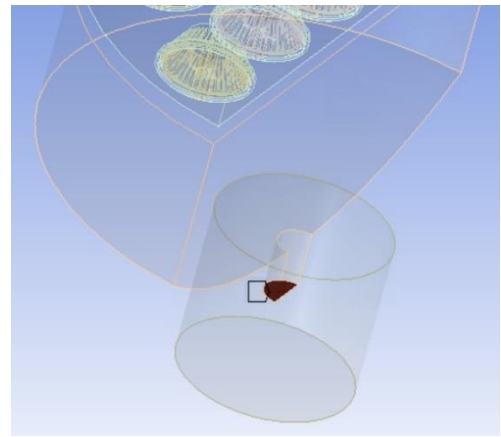
Outline

Filter: Name

- ✓ Fons_Crep
- ✓ Fons_wall
- ✓ Fons_tub_exit
- ✓ Fons_exit

Details of "Fons_exit"

Scope	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	1 Face
Definition	
Send to Solver	Yes
Protected	Program Controlled
Visible	Yes
Program Controlled Inflation	Exclude
Statistics	
Type	Manual
<input type="checkbox"/> Total Selection	1 Face
<input type="checkbox"/> Surface Area	6.5039e-004 m ²
Suppressed	0
Used by Mesh Worksheet	No



Acció número 25

Finalment es crea el name selection de la simetria del filtre on estan incloses totes les cares per les quals s’ha realitzat el tall de la simetria. Anomenat “Symmetry”.

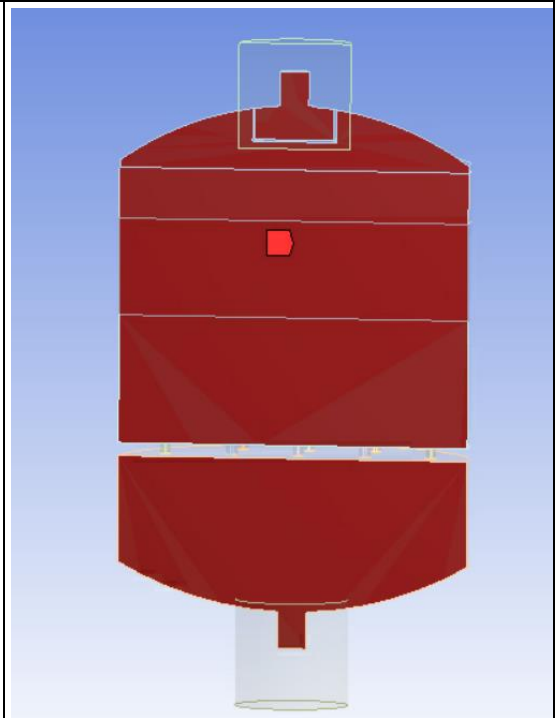
Outline

Filter: Name

- ✓ Fons_wall
- ✓ Fons_tub_exit
- ✓ Fons_exit
- ✓ Symmetry

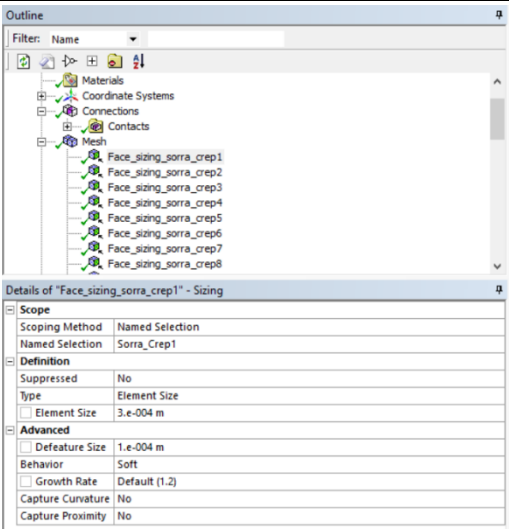
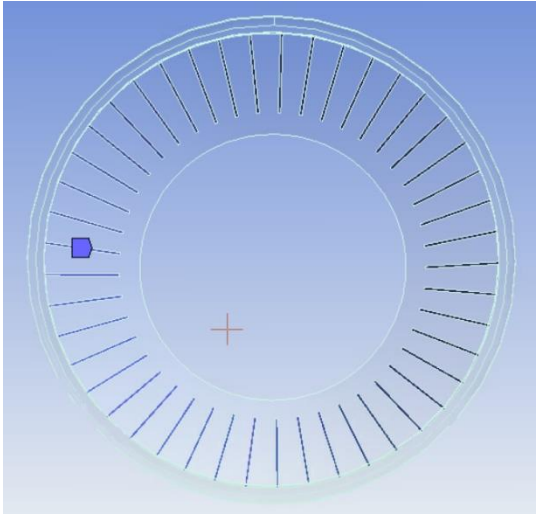
Details of "Symmetry"

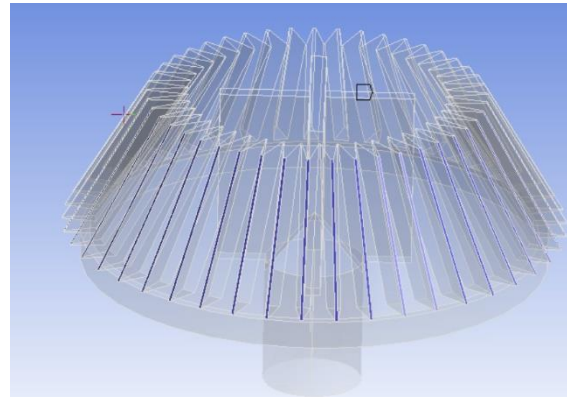
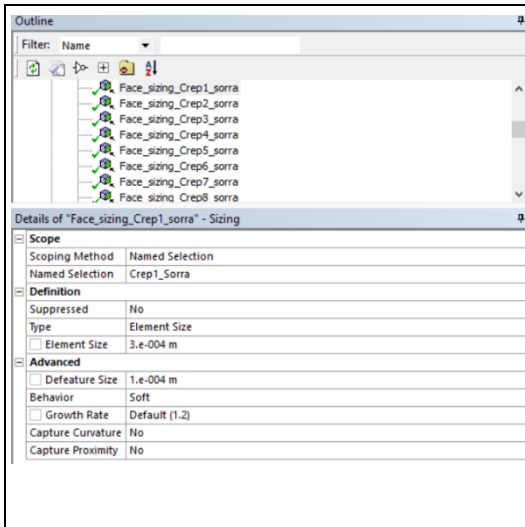
Scope	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	6 Faces
Definition	
Send to Solver	Yes
Protected	Program Controlled
Visible	Yes
Program Controlled Inflation	Exclude
Statistics	
Type	Manual
<input type="checkbox"/> Total Selection	6 Faces
<input type="checkbox"/> Surface Area	0.32963 m ²
Suppressed	0
Used by Mesh Worksheet	No



Estudi de l'efecte de diferents tipus de crepines en la caiguda de pressió de filtre de sorra

Una vegada s'ha procedit a la creació i assignació de tots els name selections de cada filtre es pot procedir a realitzar la configuració del propi mallat. Cal aclarir que aquest procediment mostrat és vàlid per a cadascun dels models dissenyats. Per cada model la successió d'accions és similar encara que varia en funció de la quantitat de crepines i la seva distribució. A continuació es mostrarà la realització de la configuració i els valors donats per aconseguir els mallats de 18 milions d'elements.

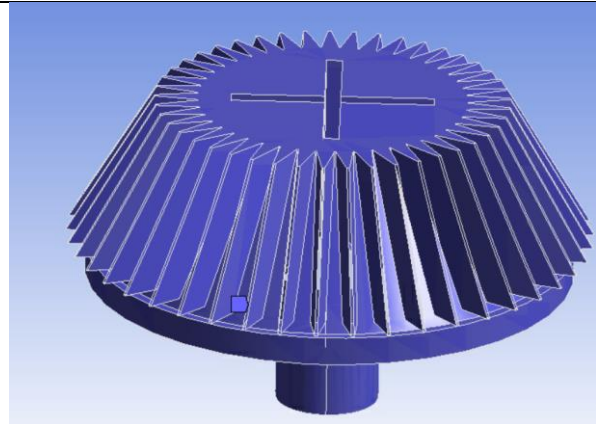
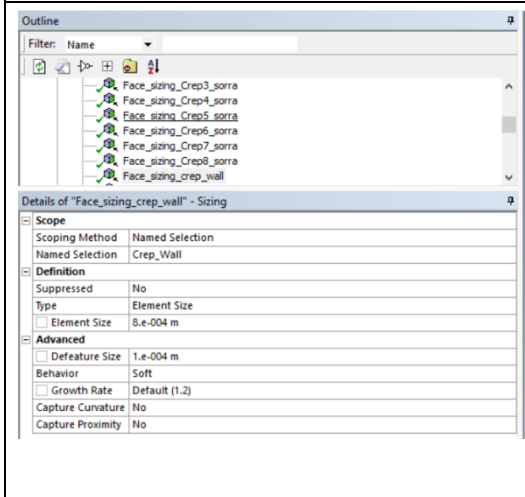
<p>Acció número 26</p>	<p>Es procedeix a la creació del face sizing de les esclatxes de filtració representades a la sorra mitjançant la vinculació del name selection creat anteriorment anomenat "Sorra_CrepX".</p> <p>Cadascuna de les superfícies introduïdes en aquest face sizing disposaran d'uns elements de mida màxima de 3×10^{-4}m.</p>
 <p>The screenshot shows the software's Outline panel on the left, listing several 'Face_sizing_sorra_crep' objects. The Details panel on the right shows the configuration for 'Face_sizing_sorra_crep1', including the scope (Named Selection: Sorra_Crep1), definition (Type: Element Size, Element Size: 3.e-004 m), and advanced settings (Defeature Size: 1.e-004 m, Behavior: Soft, Growth Rate: Default (1.2), Capture Curvature: No, Capture Proximity: No).</p>	 <p>The image shows a 3D model of a circular structure with a mesh. A blue square highlights a specific face on the mesh, indicating the application of the face sizing operation to the filter screen surfaces.</p>
<p>Acció número 27</p>	<p>Creació del face sizing de les esclatxes de filtració representades a cada crepina mitjançant la vinculació del name selection creat anteriorment anomenat "CrepX_sorra".</p> <p>Cadascuna de les superfícies introduïdes en aquest face sizing disposaran d'uns elements de mida màxima de 3×10^{-4}m.</p>



Acció número 28

Creació del face sizing format per totes les superfícies que formen les crepines a excepció de les esclotxes i el fons d'evacuació mitjançant la vinculació del name selection creat anteriorment anomenat "Crep_Wall".

Cadascuna de les superfícies introduïdes en aquest face sizing disposaran d'uns elements de mida màxima de $8 \times 10^{-4} \text{m}$.

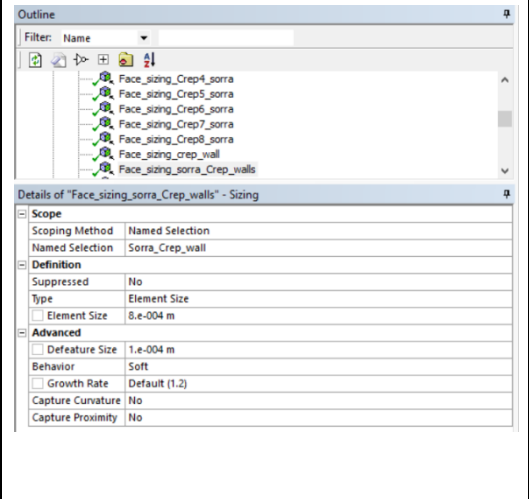
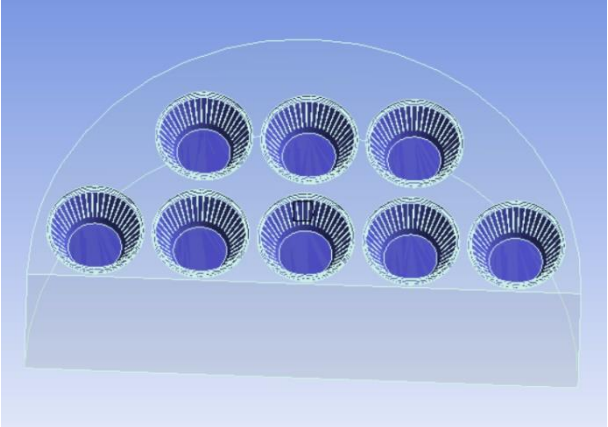
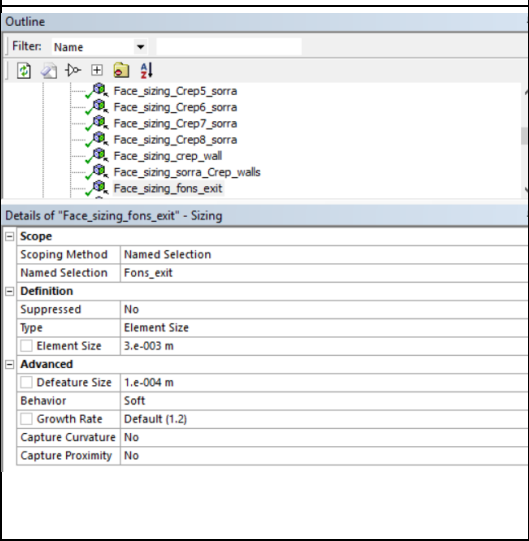
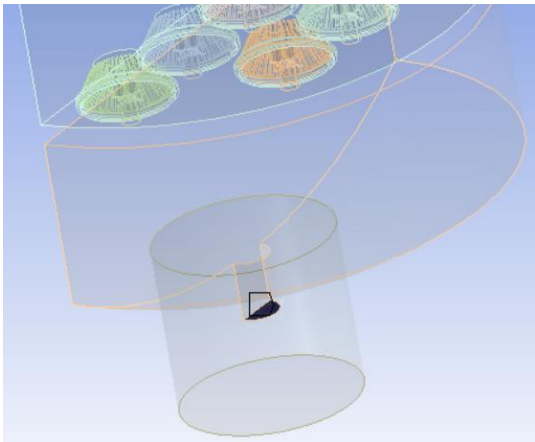


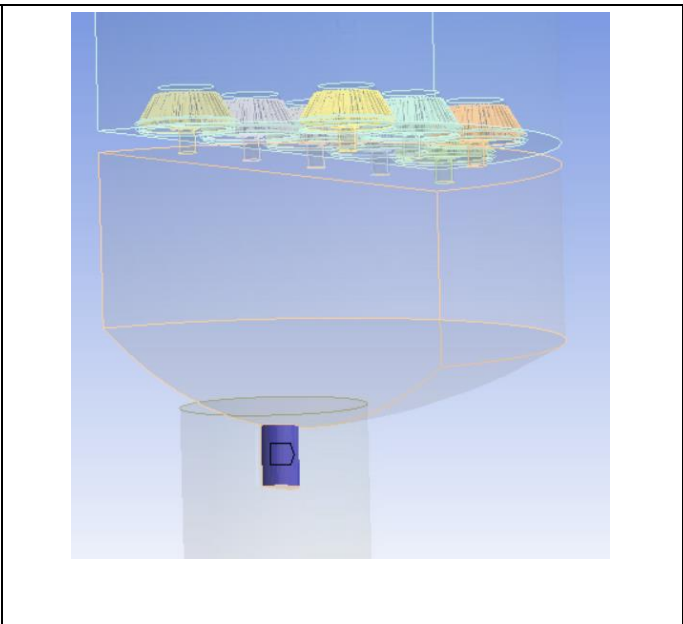
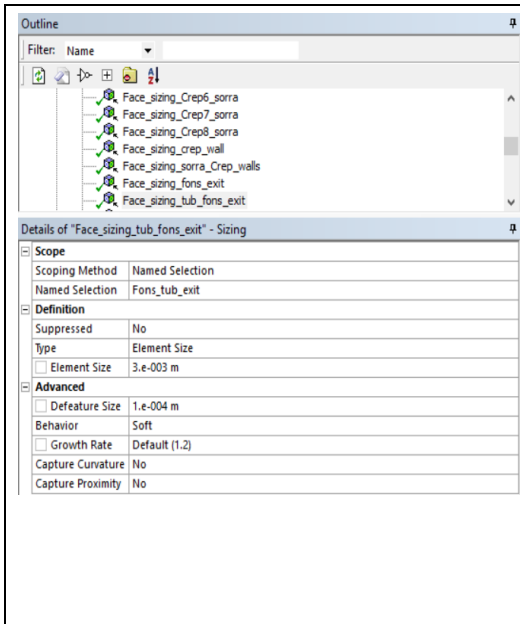
Acció número 29

Es procedeix a la creació del face sizing de totes les cares de les crepines que es troben representades a la sorra mitjançant la vinculació del name selection creat anteriorment anomenat "Sorra_Crep_wall".

Cadascuna de les superfícies introduïdes en aquest face sizing disposaran d'uns elements de mida màxima de $8 \times 10^{-4} \text{m}$.

Estudi de l'efecte de diferents tipus de crepines en la caiguda de pressió de filtre de sorra

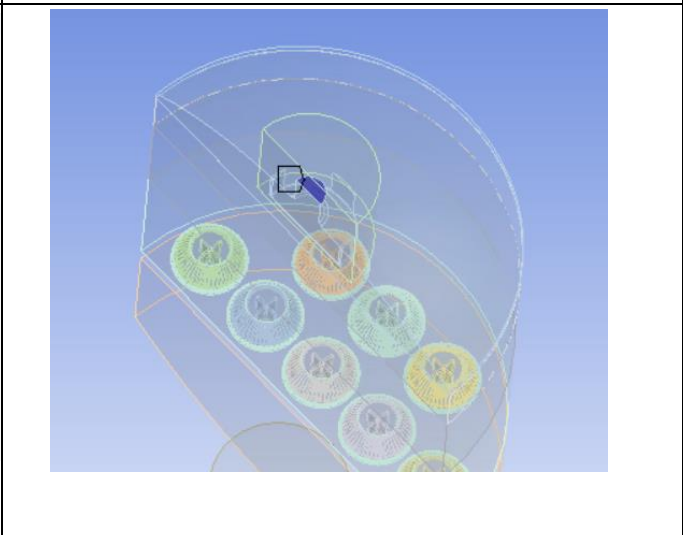
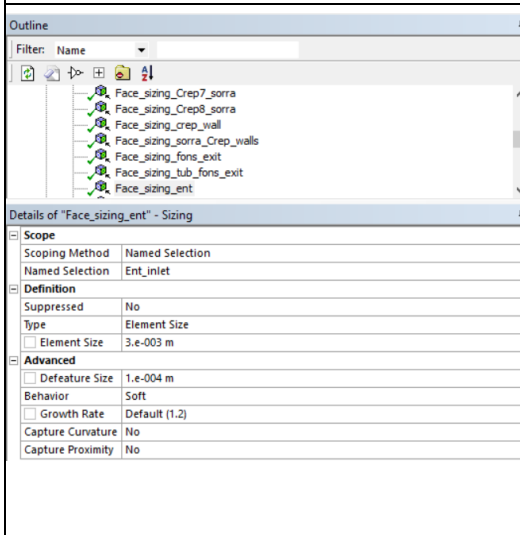
	
<p>Acció número 30</p>	<p>Creació del face sizing format per la cara inferior del tub d'evacuació mitjançant la vinculació del name selection creat anteriorment anomenat "Fons_exit".</p> <p>Cadascuna de les superfícies introduïdes en aquest face sizing disposaran d'uns elements de mida màxima de $3 \times 10^{-3} \text{m}$.</p>
	
<p>Acció número 31</p>	<p>Creació del face sizing format per la cara que representa el tub d'evacuació mitjançant la vinculació del name selection creat anteriorment anomenat "Fons_tub_exit".</p> <p>Cadascuna de les superfícies introduïdes en aquest face sizing disposaran d'uns elements de mida màxima de $3 \times 10^{-3} \text{m}$.</p>



Acció número 32

Es procedeix a la creació del face sizing format per la cara superior del tub d'aspiració mitjançant la vinculació del name selection creat anteriorment anomenat "Ent_inlet".

Cadascuna de les superfícies introduïdes en aquest face sizing disposaran d'uns elements de mida màxima de $3 \times 10^{-3} \text{m}$.

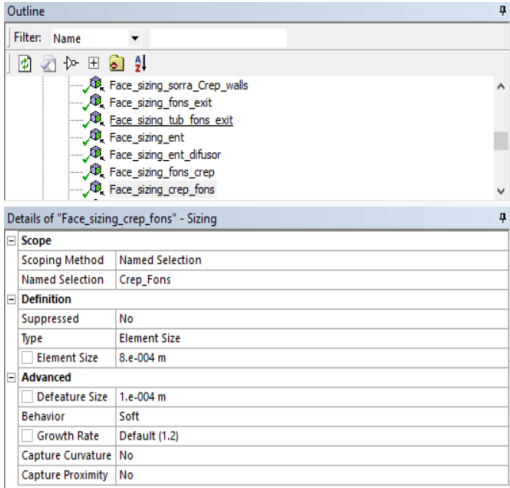
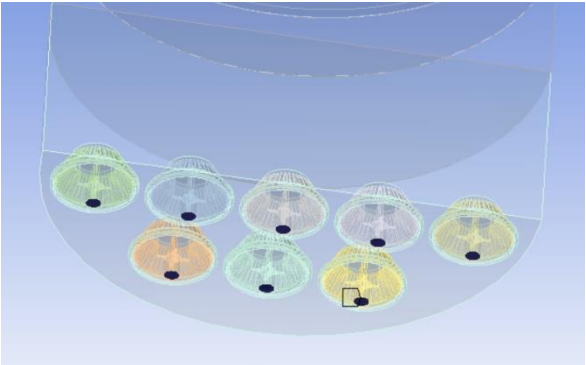
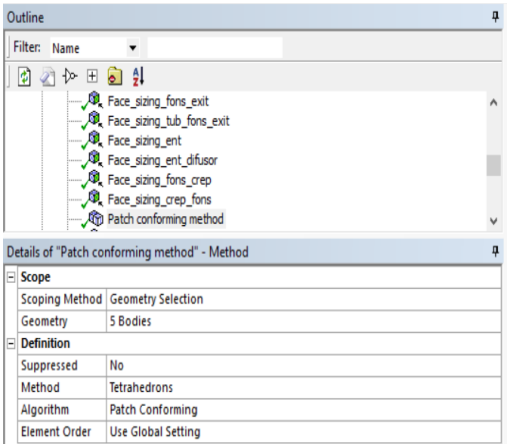
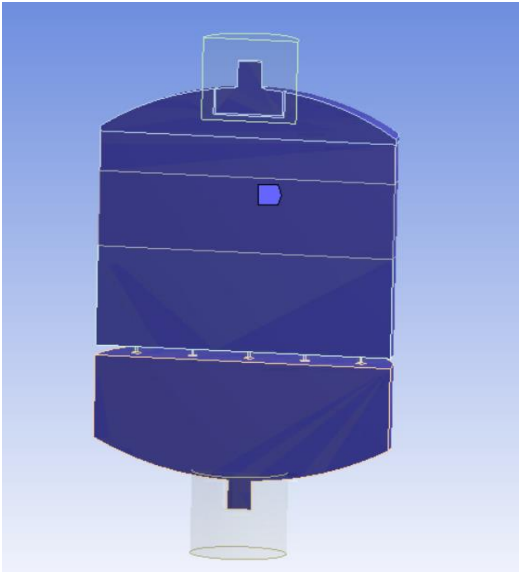


Acció número 33

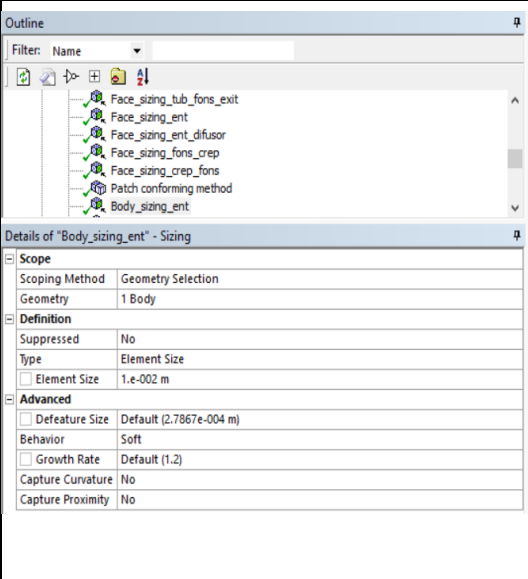
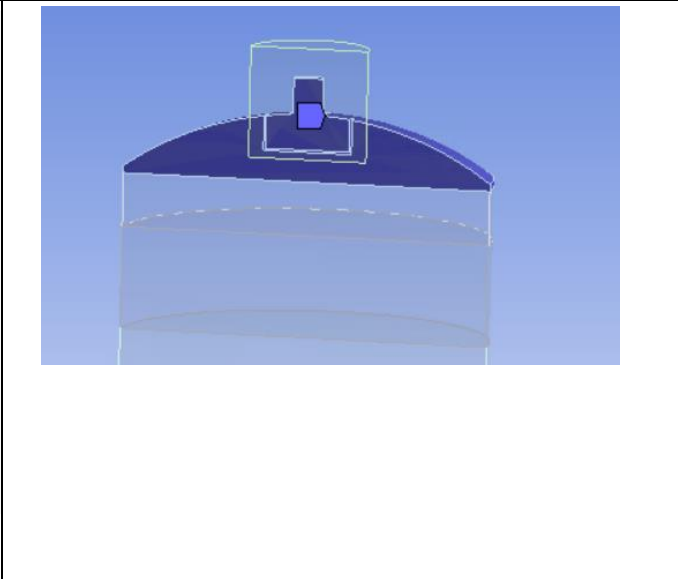
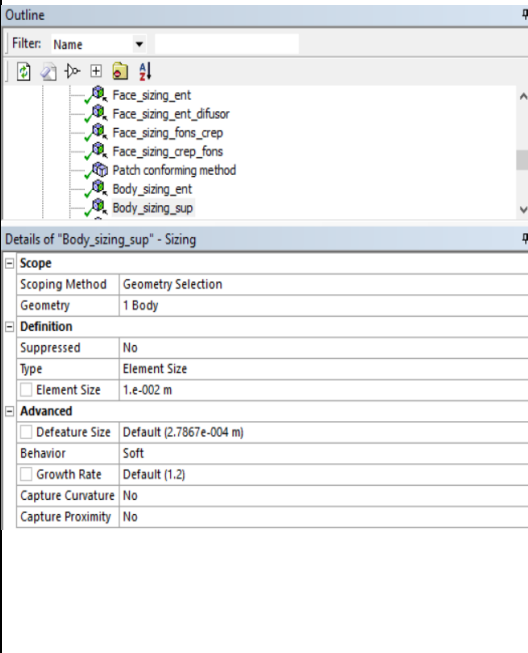
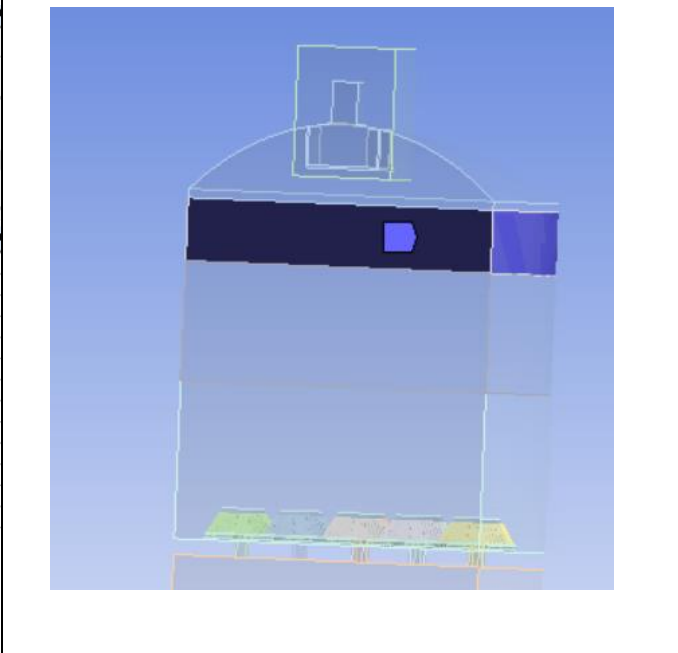
Es procedeix a la creació del face sizing format per les cares que formen el conjunt del difusor mitjançant la vinculació del name selection creat anteriorment anomenat "Ent_difusor".

Estudi de l'efecte de diferents tipus de crepines en la caiguda de pressió de filtre de sorra

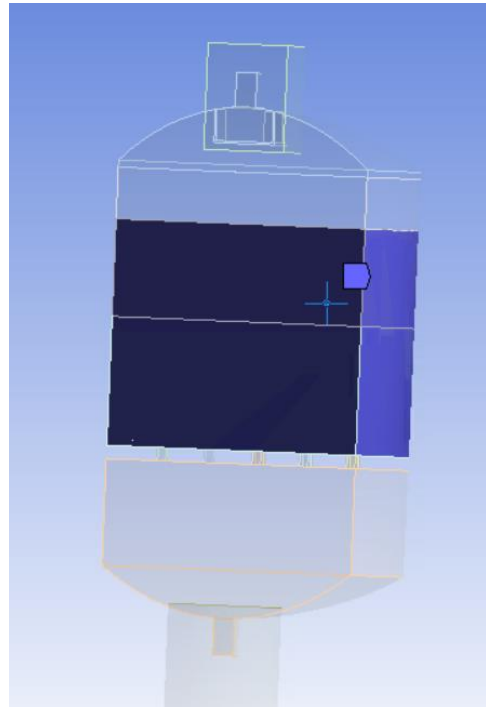
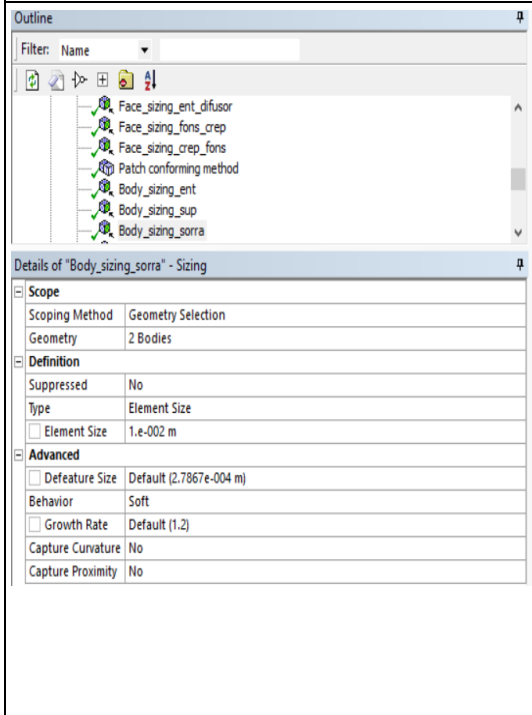
	<p>Cadascuna de les superfícies introduïdes en aquest face sizing disposaran d'uns elements de mida màxima de $3 \times 10^{-3} \text{m}$.</p>
 <p>Outline</p> <p>Filter: Name</p> <ul style="list-style-type: none"> Face_sizing_Crep8_sorra Face_sizing_crep_wall Face_sizing_sorra_Crep_walls Face_sizing_fons_exit Face_sizing_tub_fons_exit Face_sizing_ent Face_sizing_ent_difusor <p>Details of "Face_sizing_ent_difusor" - Sizing</p> <p>Scope</p> <p>Scoping Method Named Selection</p> <p>Named Selection Ent_difusor</p> <p>Definition</p> <p>Suppressed No</p> <p>Type Element Size</p> <p>Element Size 3.e-003 m</p> <p>Advanced</p> <p>Defeature Size 1.e-004 m</p> <p>Behavior Soft</p> <p>Growth Rate Default (1.2)</p> <p>Capture Curvature No</p> <p>Capture Proximity No</p>	
<p>Acció número 34</p>	<p>Creació del face sizing format per les impressions dels tubs d'evacuació de les crepines mitjançant la vinculació del name selection creat anteriorment anomenat "Fons_crep".</p> <p>Cadascuna de les superfícies introduïdes en aquest face sizing disposaran d'uns elements de mida màxima de $8 \times 10^{-4} \text{m}$.</p>
 <p>Outline</p> <p>Filter: Name</p> <ul style="list-style-type: none"> Face_sizing_crep_wall Face_sizing_sorra_Crep_walls Face_sizing_fons_exit Face_sizing_tub_fons_exit Face_sizing_ent Face_sizing_ent_difusor Face_sizing_fons_crep <p>Details of "Face_sizing_fons_crep" - Sizing</p> <p>Scope</p> <p>Scoping Method Named Selection</p> <p>Named Selection Fons_Crep</p> <p>Definition</p> <p>Suppressed No</p> <p>Type Element Size</p> <p>Element Size 8.e-004 m</p> <p>Advanced</p> <p>Defeature Size 1.e-004 m</p> <p>Behavior Soft</p> <p>Growth Rate Default (1.2)</p> <p>Capture Curvature No</p> <p>Capture Proximity No</p>	
<p>Acció número 35</p>	<p>Creació del face sizing format per l'extrem dels tubs d'evacuació de les crepines mitjançant la</p>

	<p>vinculació del name selection creat anteriorment anomenat “Fons_crep”.</p> <p>Cadascuna de les superfícies introduïdes en aquest face sizing disposaran d’uns elements de mida màxima de $8 \times 10^{-4} \text{m}$.</p>
	
<p>Acció número 36</p>	<p>Es procedeix a la creació del patch conforming mitjançant la inclusió dels 5 cossos que formen la simetria.</p>
	
<p>Acció número 37</p>	<p>Creació del body sizing de l’entrada format pel cos superior que forma la cúpula d’entrada del filtre.</p>

Estudi de l'efecte de diferents tipus de crepines en la caiguda de pressió de filtre de sorra

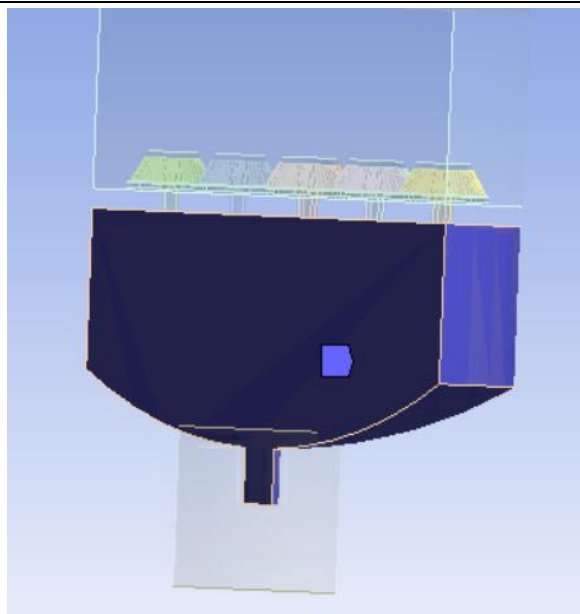
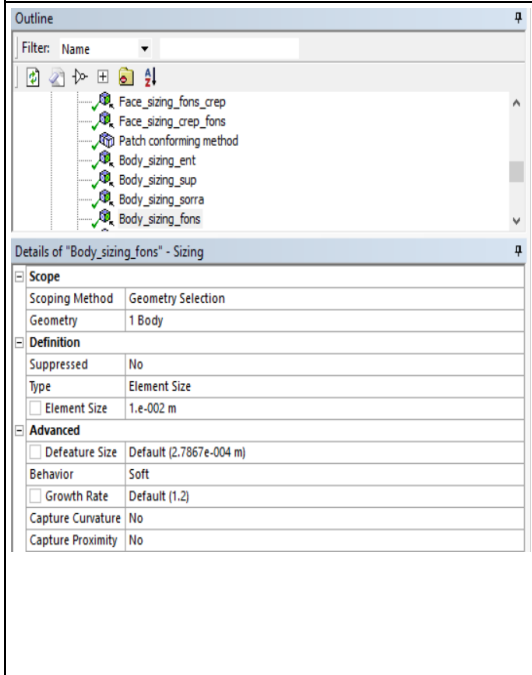
	<p>Cadascuna de les superfícies introduïdes en aquest body sizing disposaran d'uns elements de mida màxima d'1×10^{-2}m.</p>
	
<p>Acció número 38</p>	<p>Creació del body sizing format pel cilindre superior que forma el cos del filtre.</p> <p>Cadascuna de les superfícies introduïdes en aquest body sizing disposaran d'uns elements de mida màxima d'1×10^{-2}m.</p>
	
<p>Acció número 39</p>	<p>Creació del body sizing format pels cilindres que formen la zona de sorra del cos del filtre.</p>

Cadascuna de les superfícies introduïdes en aquest body sizing disposaran d'uns elements de mida màxima d' $1 \times 10^{-2} \text{m}$.



Acció número 40

Creació del body sizing format pels cilindres que formen el volum inferior del cos del filtre.
 Cadascuna de les superfícies introduïdes en aquest body sizing disposaran d'uns elements de mida màxima d' $1 \times 10^{-2} \text{m}$.

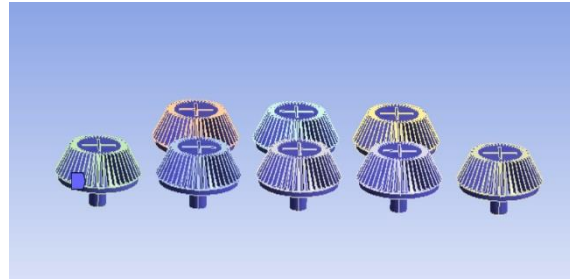
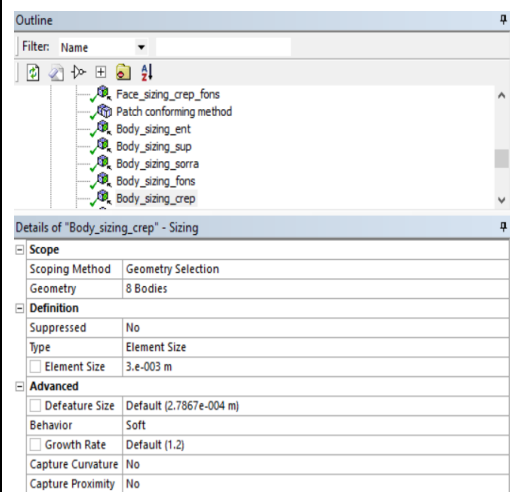


Estudi de l'efecte de diferents tipus de crepines en la caiguda de pressió de filtre de sorra

Acció número 41

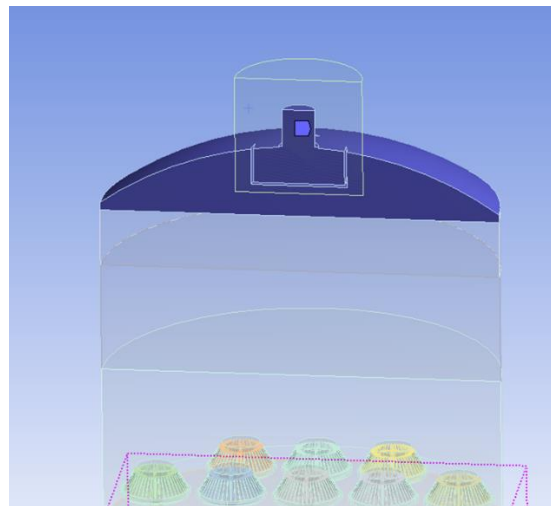
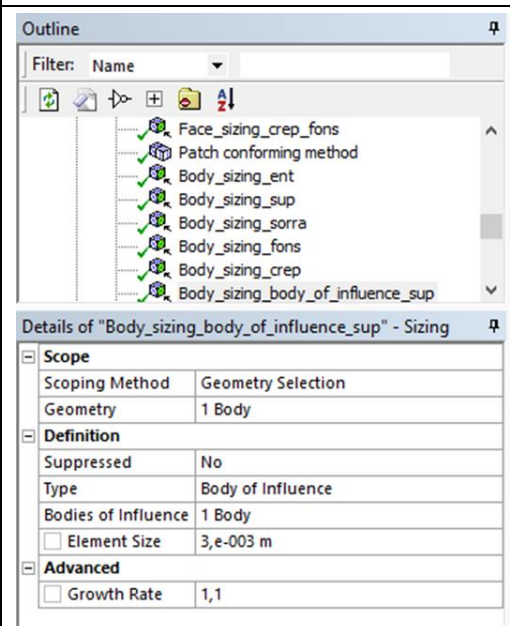
Creació del body sizing format per les crepines que formen el model estudiat.

Cadascuna de les superfícies introduïdes en aquest body sizing disposaran d'uns elements de mida màxima d' 1×10^{-2} m.



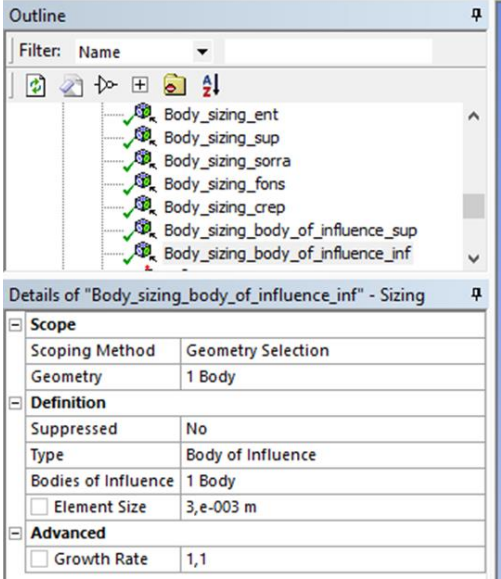
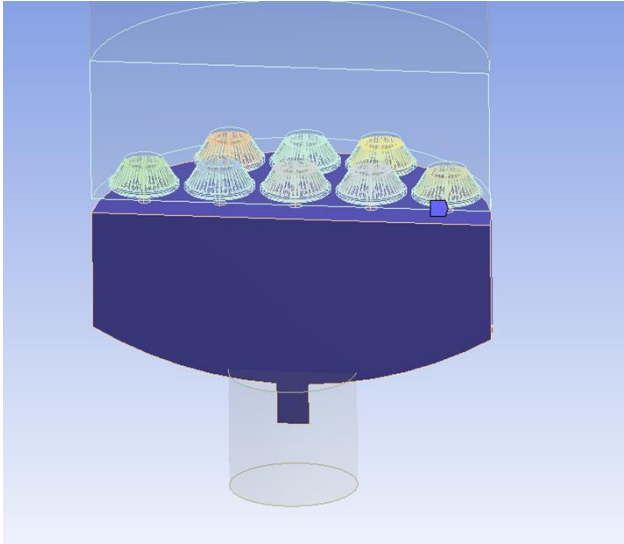
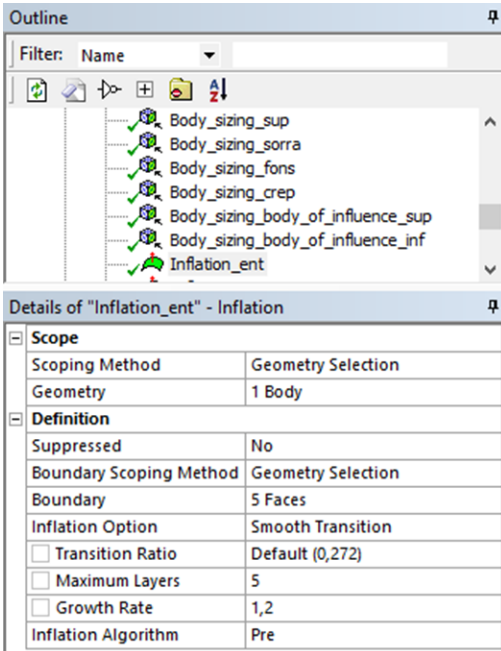
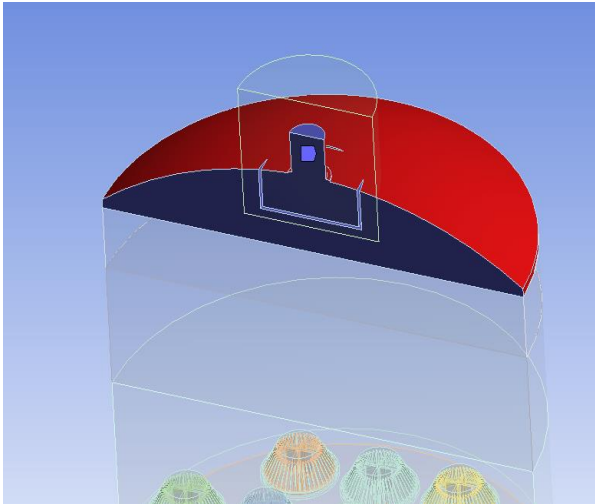
Acció número 42

Creació del body sizing format per les geometries superiors del filtre. En aquest punt vénen definides pel body d'influència superior creat exclusivament per realitzar el mallat.

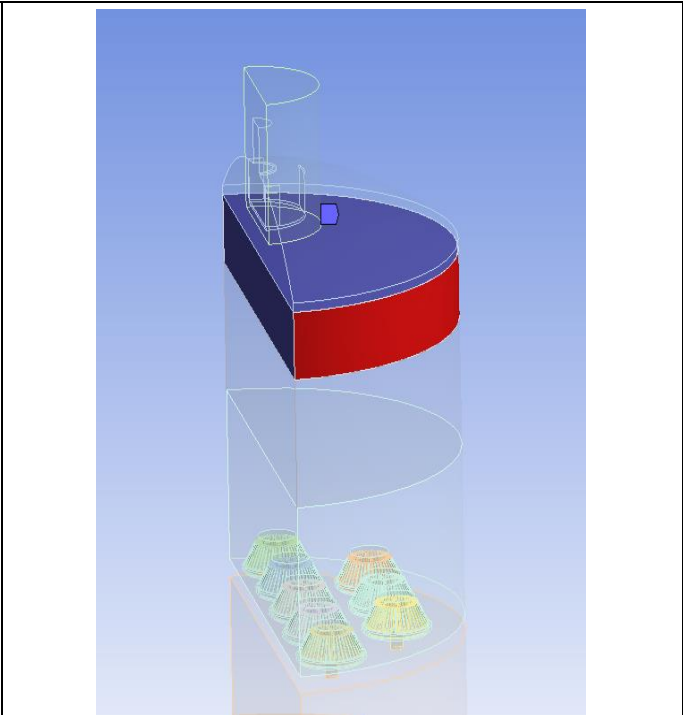
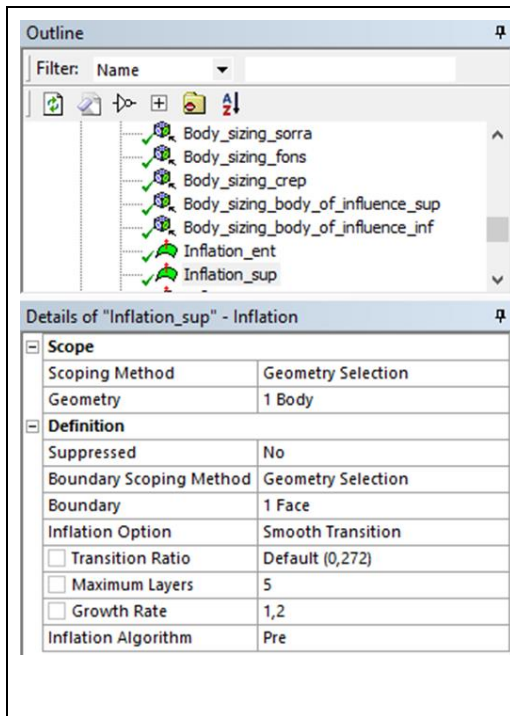


Acció número 43

Creació del body sizing format per les geometries inferiors del filtre, les quals es troben a la sortida

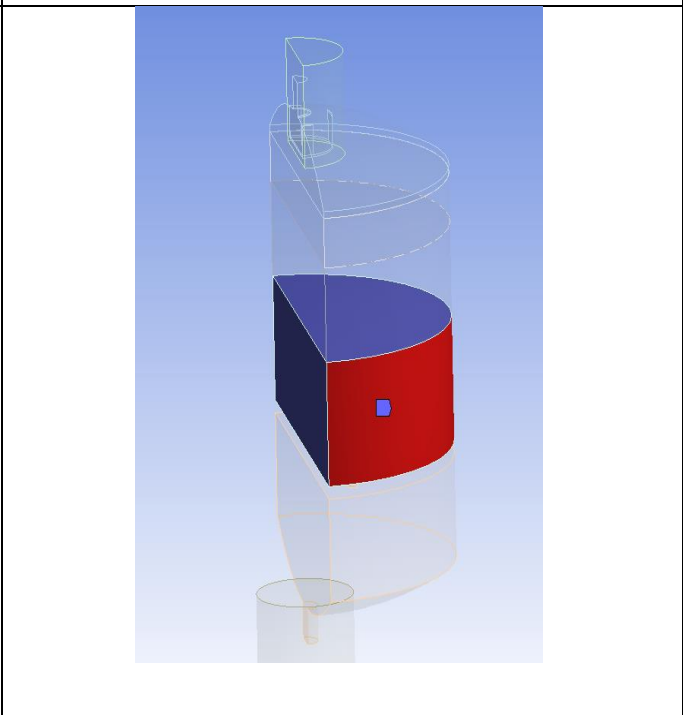
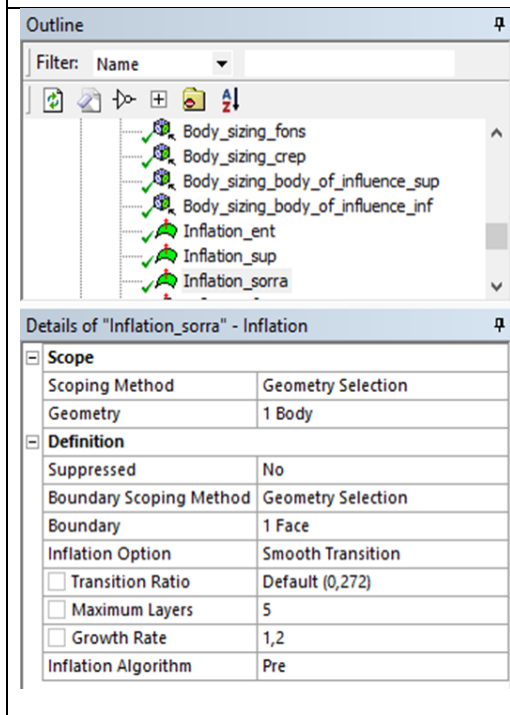
	<p>d'aquest. En aquest punt vénen definides pel body d'influència inferior creat exclusivament per realitzar el mallat.</p>
	
<p>Acció número 44</p>	<p>Definició de les parets exteriors del volum de la capota superior de la geometria del filtre. Anomenat "Inflation_ent".</p>
	
<p>Acció número 45</p>	<p>Definició de les parets exteriors del volum superior de la geometria del filtre. Anomenat "Inflation_sup".</p>

Estudi de l'efecte de diferents tipus de crepines en la caiguda de pressió de filtre de sorra



Acció número 46

Definició de les parets exterior del volum on es situa la sorra a la geometria del filtre. Anomenat "Inflation_sorra".



Acció número 47

Definició de les parets exterior del volum inferior de la geometria del filtre. Anomenat "Inflation_fons".

Outline

Filter: Name

- Body_sizing_crep
- Body_sizing_body_of_influence_sup
- Body_sizing_body_of_influence_inf
- Inflation_ent
- Inflation_sup
- Inflation_sorra
- Inflation_fons

Details of "Inflation_fons" - Inflation

Scope	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	1 Body
Definition	
Suppressed	No
Boundary Scoping Method	Geometry Selection
Boundary	3 Faces
Inflation Option	Smooth Transition
<input type="checkbox"/> Transition Ratio	Default (0,272)
<input type="checkbox"/> Maximum Layers	5
<input type="checkbox"/> Growth Rate	1,2
Inflation Algorithm	Pre

