

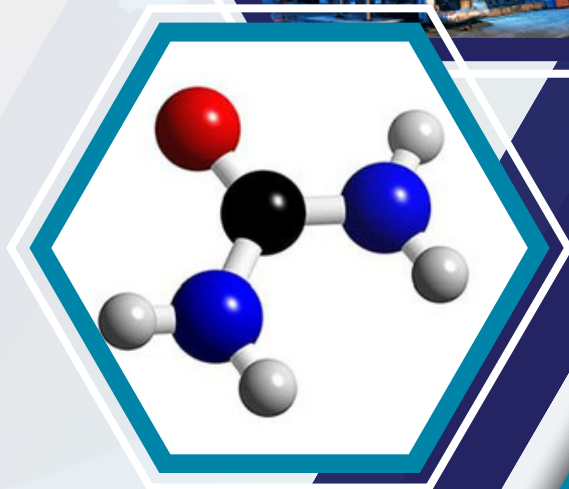


PLANTA DE PRODUCCIÓ D'UREA

PROJECTE DE FI DE GRAU
Enginyeria Química

Karla Maytte Benavides Guillen
Marc Boix Fonoll
Aleix Fernandez Parra
Lorena García Arnaiz
Sergi Gil Sorribes
Silvia Montseny Milan

Tutor: Rafael Bosch Palacios
Juny 2024

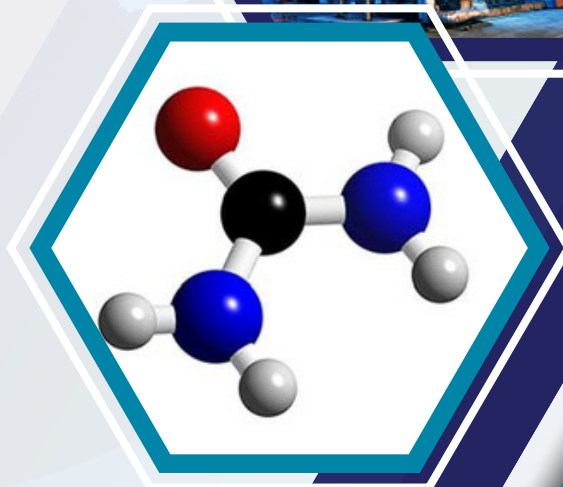




PLANTA DE PRODUCCIÓ D'UREA

PROJECTE DE FI DE GRAU
Enginyeria Química

CAPÍTOL 2. EQUIPS



Índex

2	Equips	3
2.1	Introducció	3
2.2	Nomenclatura.....	4
2.3	Descripció dels equips.....	5
2.3.1	Tancs d'emmagatzematge	5
2.3.2	Reactor d'urea	7
2.3.3	Pool condenser	7
2.3.4	Stripper	8
2.3.5	Scrubber	8
2.3.6	Absorbidor	9
2.3.7	Separador	10
2.3.8	Tanc Flash.....	11
2.3.9	Tanc de nivell	12
2.3.10	Condensador	12
2.3.11	Evaporador.....	13
2.3.12	Desorbidor	14
2.3.13	Hidrolitzador	15
2.3.14	Granulador.....	15
2.3.15	Coolers	16
2.3.16	Elevador de galledes	17
2.3.17	Pantalles vibratòries o tamisadors	17
2.3.18	Ejector.....	17
2.3.19	Bescanviadors de calor	18
2.3.20	Trituradora	19
2.3.21	Torre de refrigeració	20
2.3.22	Caldera	20
2.4	Llistat dels equips.....	21
2.4.1	Àrea 100.....	22
2.4.2	Àrea 200	23
2.4.3	Àrea 300.....	24
2.4.4	Àrea 400	25
2.4.5	Àrea 500	26
2.4.6	Àrea 600	27
2.4.7	Àrea 1200	28
2.5	Full d'especificacions equips.....	29
2.5.1	Tancs d'emmagatzematge	29
2.5.2	Bescanviadors de calor	39
2.5.3	Reactor d'Urea	51
2.5.4	Stripper	53
2.5.5	Pool Condenser	55
2.5.6	Scrubber	57
2.5.7	Separador	59
2.5.8	Tanc flash.....	61

2.5.9	Condensadors	64
2.5.10	Pre-evaporador i Evaporador	70
2.5.11	Elevador de galledes	74
2.5.12	Pantalles vibratòres	75
2.5.13	Cooler	76
2.5.14	Trituradora	77
2.6	Bibliografia	78

2 Equips

2.1 Introducció

En el cor de la planta Ureka, la clau de l'èxit radica en la selecció meticulosa i el disseny estratègic de cada equip involucrat en el procés. Aquests elements són els pilars fonamentals per arribar als objectius preestablerts.

En aquest capítol es detalla el disseny i les especificacions dels equips que conformen la planta química d'Ureka. Un focus sistemàtic i meticolós guia la distribució d'aquests components en les diferents àrees de la instal·lació. Per aquest motiu, la selecció i la distribució precisa estan dissenyades per optimitzar els recursos i minimitzar els possibles accidents.

La distribució estratègica dels equips i la implementació de mesures de seguretat preventives garanteixen un funcionament eficient i segur de la instal·lació. La planta està dissenyada per operar d'una manera sostenible, minimitzant l'impacte ambiental i maximitzant la utilització de recursos valuosos.

2.2 Nomenclatura

Dins de la planta, la identificació precisa i eficients dels equips és crucial per garantir la seguretat, l'eficiència i l'organització general de la planta. Un sistema de nomenclatura estandarditzat ben definit juga un paper fonamental en aquest aspecte, proporcionant una base sòlida per la comunicació, el manteniment i la gestió dels actius. A la planta Ureka s'ha optat per la següent nomenclatura, una opció atractiva per la seva simplicitat, claredat i capacitat per diferenciar equips de manera efectiva:

A-BBCC

On:

A: El primer caràcter, representat per la lletra "A", serveix per identificar el tipus d'equip que es fa referència, d'aquesta manera es proporciona la classificació inicial de l'equip, el que facilita la seva identificació ràpida i general. Les abreviatures dels equips es troben a la Taula 1.

Taula 1. Abreviatura dels equips

EQUIPS	CODI
Compressor	K
Bomba	P
Stripper	SP
Pool condenser	PC
Reactor	R
Scrubber	SB
Ejector	EJ
Absorbidor	A
Separador	S
Condensador	C
Tanc de nivell	T
Evaporador	E
Desorbidor	D
Hidrolitzador	H
Bescanviador de calor (2)	BC
Granulador	G
Cooler	F

EQUIPS	CODI
Elevador	EL
Crusher	CR
Pantalles vibratòries	VS

BB: Els dos següents caràcters s'utilitzen per identificar l'àrea específica de la planta on es troben els equips.

CC: Els dos últims caràcters assignen un número únic a cada equip situat en una mateixa àrea. Aquest número permet identificar equips iguals que es troben a la mateixa àrea de la planta.

Per exemple el primer reactor situat a l'àrea 200 rebria la següent nomenclatura: R-201.

2.3 Descripció dels equips

2.3.1 Tanques d'emmagatzematge

En el marc d'Ureka, es tenen diversos tanques d'emmagatzematge destinats als diversos reactius i productes utilitzats i generats al llarg del procés.

En el procés de producció d'urea, l'amoníac s'emmagatzema pel seu posterior condicionament i utilització. De manera similar passa amb el producte i els subproductes generals, els quals romanen emmagatzemats fins a la seva sortida de la planta. Cal destacar que aquesta situació no aplica a les matèries primeres, és a dir a l'amoníac i al diòxid de carboni, ja que aquestes arriben a la planta per canonades i van directe al procés, així i tot, s'ha decidit dissenyar tanques d'emmagatzematge pels reactius per disposar de certa autonomia en el cas que hi hagués un problema amb el subministrament.

El disseny i dimensionament adequat pels tanques és crucial per un bon funcionament de la planta, ja que en aquests es porten a terme activitats crítiques que requereixen estàndards rigorosos per garantir la seguretat de la planta. Per aquest motiu, els tanques dins de la planta d'Ureka, han estat dissenyats segons la normativa ASME, aquest és un requisit fonamental per la indústria i un factor clau per protegir a les persones i el medi ambient.

Els tanques d'emmagatzematge de les matèries primeres tenen forma cilíndrica amb capçal torisfèric. En canvi, el del producte final, és a dir de la urea, els tanques d'emmagatzematge han estat dissenyats amb una forma cilíndrica amb capçals cònics. El càlcul del dimensionament dels tanques es pot consultar al capítol 11.

Per l'emmagatzematge de l'amoníac s'ha dissenyat 4 tancs amb orientació vertical per un estoc de 48 h, aquest serà emmagatzemat a una de temperatura de $-33\text{ }^{\circ}\text{C}$ i 8 atm de pressió per tal de mantenir el compost en estat líquid. Aquests tancs tindran un volum de 870 m^3 , amb una alçada de 16,4 m i un diàmetre intern de 8,7 m. Aquests tancs es poden classificar com a tancs criogènics a causa de la baixa temperatura a la qual han d'operar per poder mantenir el reactiu en estat líquid.

Per l'emmagatzematge del diòxid de carboni s'ha dissenyat 4 tancs amb orientació vertical per tenir un estoc de 72 h. Aquest s'emmagatzemarà a $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ i 10 atm per mantenir-lo en estat líquid, així doncs també es poden classificar com a tancs criogènics. Aquests tancs tindran un volum de 1338 m^3 , una alçada de 19 m i un diàmetre intern de 10 m. Cal destacar que tant aquest tanc, com el de l'amoníac han estat dissenyats amb acer inoxidable 304.

Durant el procés de producció d'Urea, es disposarà de dos tancs d'emmagatzematge a planta. El primer serà un tanc d'emmagatzematge per a una solució d'Urea, consta únicament d'un tanc en posició vertical. Aquesta solució s'emmagatzemarà a una temperatura de 180°C i a 4 atm per mantenir l'estat del producte líquid. Aquest tanc tindrà un volum de 62 m^3 , una alçada de 6,8 m i un diàmetre intern de 3,6 m.

L'altre tanc emmagatzemarà una solució d'amoníac, es tracta d'un únic dipòsit en posició vertical. Aquesta solució s'emmagatzemarà a una temperatura de 70°C i 10 atm per mantenir-lo en estat líquid. Aquest tanc tindrà un volum de $25,8\text{ m}^3$, una alçada de 5m i un diàmetre intern de 2,7 m. Cal destacar que tant aquest tanc, com el tanc de solució d'Urea han estat dissenyats amb acer inoxidable 304.

Pel producte final, la urea s'ha decidit instal·lar quatre tancs d'emmagatzematge, aquests mantindran la urea a una temperatura i pressió de $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ i 1 atm respectivament. Aquests tancs tindran un volum de 2031 m^3 , amb una alçada de 23 m i un diàmetre intern d'11 m. D'igual manera que els tancs descrits anteriorment, aquest serà construït amb acer inoxidable 304.

2.3.2 Reactor d'urea

Els reactors químics són recipients dissenyats per portar a cap una reacció química de manera controlada i eficient. Per la producció d'urea, el disseny i dimensionament adequat d'aquest és crucial per tal d'optimitzar la conversió dels components, controlar la qualitat del producte, assegurar una bona eficiència energètica, la seguretat i la protecció del medi ambient.

El carbamat d'amoni generat en el pool condenser, passa al reactor d'urea on es produeix una reacció de deshidratació. En aquest procés, el carbamat d'amoni es descompon en urea i aigua. S'ha cregut necessari duplicar aquest reactor per tal de garantir un funcionament continu, en cas d'avaria, també per arribar a l'objectiu principal de producció. Aquest reactor és un reactor de plats, on el que es busca a través d'aquests és millorar el contacte entre els reactius que entren en diferents fases, així com millorar la transferència d'energia.

És important destacar que, durant la formació d'urea mencionada anteriorment, existeix una fracció del carbamat d'amoni que no es converteix en urea. Per aprofitar aquest subproducte, s'instal·la un "stripper", on el carbamat d'amoni restant es descompon novament en amoníac i diòxid de carboni. Aquests gasos es reciclen al primer reactor, reiniciant el cicle i optimitzant el rendiment de les matèries primeres.

2.3.3 Pool condenser

Per tal de produir la urea, primerament, es realitza una primera reacció on el diòxid de carboni i l'amoníac es transforma per donar carbamat d'amoni. Aquesta primera reacció té lloc al pool condenser.

El Pool condenser, és un condensador de carcassa i tubs en forma de "U" d'alta pressió, que té com a finalitat condensar els productes que surten en estat gas del stripper.

En el seu interior, l'amoníac i el diòxid de carboni es troben en un ambient curosament controlat. Mitjançant una reacció química exotèrmica, aquests components es combinen per donar lloc al carbamat d'amoni, alliberant calor en el procés.

Aquest equip és molt important, ja que, com s'ha mencionat anteriorment, és on es produeix la primera reacció per tal de produir el carbamat d'amoni el qual es troba en estat líquid.

Per dur a terme la reacció, el diòxid de carboni que surt del stripper es condensa junt amb els altres gasos i reacciona amb l'amoníac líquid que surt de l'ejector, on s'ha barrejat la solució d'amoníac que es recircula del scrubber i el que ve dels tancs d'emmagatzematge.

Els gasos són condensats mitjançant la calor produïda pel vapor d'aigua que circula pels tubs del bescanviador.

2.3.4 Stripper

El stripper és un equip d'alta pressió considerat un dels equips més importants de la planta. És un bescanviador de calor de carcassa i tubs vertical, que té com a finalitat realitzar la descomposició parcial del carbamat d'amoni que no ha reaccionat en el reactor d'urea, en els seus reactius (diòxid de carboni i amoníac) i la desorció de l'amoníac líquid provinent del reactor.

Al stripper, entra per caps la fase líquida que surt del reactor, i per cues, el gas stripping en aquest cas, el CO_2 . Aquests components es creuen dins dels tubs del stripper on el diòxid de carboni, arrossega l'amoníac líquid provinent del reactor, on seguidament surten del stripper en forma gas. Paral·lelament a la desorció de l'amoníac, succeeix la reacció de descomposició del carbamat d'amoni.

Com la reacció és endotèrmica, perquè es dugui a terme, s'ha d'administrar calor pel costat de la carcassa del stripper, així, el carbamat d'amoni es descompon parcialment en els seus reactius principals.

Finalment, per caps, surt el CO_2 , NH_3 i vapor d'aigua i per cues, el carbamat que no s'ha descompost, la urea, el biuret, amoníac i aigua. Els productes que surten en fracció vapor tornen al pool condenser i els que surten en fracció líquida, segueixen cap al separador.

2.3.5 Scrubber

A la producció d'urea, els scrubbers realitzen un paper crucial per optimitzar el procés i la qualitat del producte final. La seva funció principal és capturar i eliminar compostos no desitjats.

El primer scrubber es situa a la sortida del reactor, i tracta la sortida gasosa d'aquest, la qual és un corrent que no conté urea, però que conté impureses com amoníac sense reaccionar, diòxid de carboni, aigua i altres components volàtils. El scrubber actua com a filtre, eliminant aquestes impureses mitjançant l'absorció en un líquid de neteja.

L'amoníac sense reaccionar és un component valuós que no es vol perdre. És aquí on entra en joc el scrubber, ja que aquest juga un paper crucial en la recuperació d'aquest amoníac, capturant-lo en el líquid absorbent. Aquest amoníac es recicla al reactor de tal manera que l'eficiència del procés es veu millorada, alhora que es redueix el consum de matèries primeres.

Aquest equip funciona típicament mitjançant un sistema a contracorrent. El corrent de gas ingressa per la part inferior del scrubber, mentre que el líquid absorbent s'introdueix per la part superior. A mesura que el gas i el líquid es troben, les impureses es transfereixen del gas al líquid a causa de la diferència de solubilitat. El gas purificat surt per la part superior del scrubber, mentre que el líquid absorbent ric amb les impureses s'extrau per la part inferior per la seva recirculació.

Segons diverses consultes bibliogràfiques el líquid absorbent d'aquest scrubber, el de la sortida del reactor, hauria de ser carbamat condensat que no ha reaccionat en el procés. No obstant, a Ureka no ha estat possible recircular carbamat, i a la pràctica el líquid absorbent és aigua. Aquesta qüestió es tracta més a fons en l'aparat d'ampliacions i millores del present treball.

A Ureka es disposa de dos scrubbers més a part del ja mencionat anteriorment. Aquests dos s'utilitzen principalment pel rentament de gasos del procés de granulació, ja que tot i que les concentracions d'amoníac i altres compostos com carbamat són menors que no pas en la fase de reacció, no són prou petites per a poder-se abocar directament a l'atmosfera. Així doncs, els corrents d'aire que s'utilitzen en el procés de granulació també han de ser filtrats. Aquests dos scrubbers també utilitzaran aigua com a líquid absorbent. L'aigua en qüestió prové de la depuradora que es disposa dins de la mateixa planta.

Cal destacar, que només s'ha realitzat el disseny del primer scrubber, que és el que es troba en la zona d'alta pressió; aquest scrubber conté una esfera en la part superior. Aquesta esfera s'utilitza per alliberar pressió en el cas que hi hagués alguna explosió o alliberació espontània d'aquesta. Així doncs, s'aconsegueix garantir la integritat mecànica de l'equip tot i les possibles alliberacions violentes que poden succeir a l'operar a 135 bars.

2.3.6 Absorbidor

Els absorbidors o absorbidors atmosfèrics són equips que tenen la finalitat d'eliminar gasos contaminants presents en corrents gasosos. Els absorbidors es basen a fer circular aigua o un altre tipus de solvent líquid amb el gas contaminat circulant a contracorrent. El principi científic en el qual es basa un absorbidor és en la diferència de concentracions i la difusió d'aquests compostos d'una fase cap a un altre fins a assolir un equilibri^[1]. En aquest procés també es poden donar interaccions moleculars del tipus físic o químic entre les dues fases. És important que el temps de contacte entre la fase líquida i la fase gas sigui el més gran possible, per tal que es pugui maximitzar aquesta transferència i assolir l'equilibri.

Actualment en el mercat es disposa de múltiples torres d'absorció; les torres més utilitzades o conegudes són les de plats i les empacades. Les torres de plats es distingeixen en plats perforats, plats de vàlvules i plats amb caputxons. En canvi dins de les columnes empacades es distingeixen els següents empaquetats: anell de Rasching, anell de Lessing, anell de Berl i anell de Pall. No obstant això, a Ureka s'ha optat per treballar amb absorbidors de plats.

En la planta Ureka es disposa de dues torres d'absorció. La primera (A-201) treballa a pressions pròximes als 10 bars; en canvi; l'absorbidor atmosfèric treballa en el seu interior a pressió atmosfèrica, tal com indica el seu nom. En tots dos casos el líquid que s'utilitza per retenir els compostos contaminants és aigua. El primer absorbidor s'utilitza per retenir el biuret, urea, diòxid de carboni, carbamat i amoníac que surten del scrubber previ.

L'absorbidor atmosfèric (A-301) utilitza com a líquid per retenir els compostos no desitjats el mateix líquid que surt de l'absorbidor previ, és a dir aigua però més bruta. En aquest absorbidor es tracten diversos corrents de gasos que provenen de diferents equips del procés. Els equips en qüestió són tanc de nivell, tanc d'aigua d'amoníac i el tanc de nivell del condensador de reflux.

2.3.7 Separador

En la producció d'urea, el separador (S-301) que rep el corrent del reactor de descomposició del carbamat juga un paper fonamental en la purificació i separació de la urea. Aquest separador assegura que la urea final sigui d'alta qualitat i estigui lliure d'impureses.

La funció principal del separador és separar la urea d'altres components presents en el corrent de sortida del reactor de descomposició del carbamat. El separador funciona aprofitant les diferències en les propietats físiques dels components presents en el corrent. La urea, amb una densitat major que l'aigua sedimenta en el fons del separador, igual que el carbamat. Per altra banda, l'aigua en tenir una densitat intermèdia entre les matèries primeres també presents en aquest corrent i la urea, surt una part per dalt, en forma gas, i una part amb el corrent d'urea. Aleshores pel corrent gas del separador es troben els següents compostos: amoníac, diòxid de carboni i aigua. En canvi, per la part inferior del separador, és a dir, el corrent líquid de sortida del separador conté els següents compostos: urea, carbamat d'amoní, aigua i biuret.

La separació eficient de la urea en aquest equip és crucial per garantir la qualitat del producte, ja que la urea separada de l'aigua té una major puresa, el que la fa més adequada per al seu ús posterior com a fertilitzant.

El separador analitzat té dues funcionalitats diferenciades; la primera és actuar com un “heater” o bescanviador de calor, afavorint que el procés de separació es doni en condicions òptimes perquè succeeixi exitosament la separació física de les substàncies. La segona funcionalitat del separador és la separació física dels components. En el procés de dimensionament del separador s’ha tingut en compte això; ja que les característiques físiques del separador varien en funció de si la zona que s’observa conté una àrea per realitzar el bescanvi.

2.3.8 Tanc Flash

L’objectiu d’un tanc flash és proporcionar un espai per tal que part de la mescla en estat líquid que entra es pugui vaporitzar ràpidament, així podent separar el component que es troba en estat vapor del que es troba en estat líquid. Per entendre el funcionament d’un tanc flash s’ha de saber que la temperatura d’ebullició augmenta a mesura que augmenta la pressió i viceversa. Un tanc flash actua com una vàlvula reductora de pressió, fent que part del fluid d’entrada que es troba a la temperatura de saturació s’evapori automàticament davant de la reducció de pressió que es dona en el tanc; ja que com s’ha mencionat anteriorment, davant d’aquesta disminució de pressió la temperatura d’ebullició també disminueix, i com que el fluid ja es troba a la temperatura de saturació part d’aquest s’evapora automàticament.

Es pot concloure que tant la pressió com la temperatura són de vital importància per poder separar el fluid d’entrada en un vapor i un líquid exitosament.

La nostra planta disposa de quatre tanc flash. Els tres primers tancs flash es troben en l’àrea de recirculació del procés, corresponent a l’àrea 300 de la planta i el quart a l’àrea 400.

El tanc flash que va seguit del separador per cues (T-302) té per objectiu separar la urea de la resta de compostos que puguin haver-hi. En aquest cas entren urea, aigua, biuret i carbamat; on s’aconsegueix és obtenir un corrent pràcticament pur d’aigua que surt per caps. Cal mencionar que tot i que per caps només surt aigua i una fracció mínima de 0.0267 d’urea, per cues també surt una quantitat important d’aigua que s’evaporarà en etapes posteriors.

En el flash tanc que va seguit del condensador (C-303) el que es fa és separar l’amoníac de l’aigua, diòxid de carboni i urea d’entrada. En l’entrada es té una fracció d’amoníac del 0.8139, i s’assoleix per caps un corrent pràcticament pur d’amoníac amb una fracció del 0.9175.

No obstant això, no succeeix el mateix que amb el tanc flash mencionat anteriorment (T-302), ja que la fracció d’amoníac que surt per cues continua sent elevada i s’haurà d’anar reduint en etapes posteriors.

Cal recalcar, que en el tanc flash (T-301) la presència d'urea és gairebé mínima, pel fet que en l'entrada es té una fracció d'urea del 0,0004. Teòricament, per cues d'aquest tanc flash hauria de sortir carbamat, que al ser condensat i recirculat s'utilitzaria com a líquid absorbent per el scrubber de la sortida del reactor; no obstant això, ha estat inviable la recirculació de carbamat en aquest punt, i tal com s'ha mencionat en l'apartat del scrubber s'ha optat per utilitzar aigua en aquest com a líquid absorbent. Aquest tema, tal com s'ha mencionat anteriorment s'explica més a fons en l'apartat de millores i ampliacions.

2.3.9 Tanc de nivell

En la planta Ureka es disposa de tres tancs de nivell. Aquests s'ubiquen respectivament amb el condensador de carbamat de baixa pressió (T-301), del condensador reflux (T-304) i del condensador (C-302), és a dir, el tanc T-303. Aquests tancs de nivell s'utilitzen principalment per monitorar el nivell de líquid que hi ha o que circula en els equips que acompanyen.

2.3.10 Condensador

Els condensadors són dispositius fonamentals en el procés de producció d'urea, la seva funció principal consisteix a transformar vapor a alta temperatura i pressió en un líquid, alliberant una gran quantitat de calor en el procés.

El funcionament d'un condensador es basa en el principi d'intercanvi de calor. El vapor calent ingressa al condensador i flueix a través d'una sèrie de tubs o canals, mentre que un fluid de refredament circula per l'exterior d'aquests tubs o canals. A mesura que el corrent cedeix la calor al fluid de refredament, la seva temperatura disminueix arribant al punt de rosada. En aquest punt, el vapor es condensa i es converteix en un líquid. La calor alliberada durant la condensació es transfereix al fluid de refredament, que augmenta la seva temperatura. Aquest fluid s'extrau del condensador i s'envia a un sistema de refrigeració per enfredar-se i reutilitzar-se en el cicle.

Dins de la planta d'Ureka, primerament, trobem un condensador de carbamat de baixa pressió (C-301), aquest juga un paper fonamental per recuperar els gasos i refrigerar el corrent provinent del separador. La seva funció principal és condensar el vapor que ve del separador, aquest corrent conté majoritàriament aigua i carbamat.

D'altra banda, dins de la planta hi ha instal·lat un condensador flash (C-302), aquest juga un paper crucial en la separació eficient de l'aigua i el carbamat presents en el corrent. Aquest equip funciona com a separador eficient, aprofitant les diferències de temperatures pressió per aconseguir una separació precisa i d'aquesta manera optimitzar el procés. La seva funció

principal és separar el carbamat de l'aigua del corrent que arriba del tanc flash, per tal d'obtenir una major rendibilitat. Aquest corrent ingressa al condensador on es descomprimeix sobtadament. Aquesta descompressió provoca una caiguda brusca de la pressió, el que genera un efecte de refredament flash. Aquesta caiguda de temperatura i pressió provoca l'evaporació instantània de gran part de l'aigua present en el corrent. El vapor d'aigua s'eleva per la part superior del condensador, mentre que la del carbamat líquid, amb una menor volatilitat, sedimenta en els fons.

Dins de la planta també es pot trobar un condensador posterior al pre-evaporador (C-401), la funció principal d'aquest condensador és condensar el vapor d'aigua amb una petita fracció de carbamat present en el corrent que prové del pre-evaporador. Aquest condensador funciona amb el principi d'intercanvi de calor prèviament explicat.

Finalment, dins de la planta de producció trobem un condensador de reflux (C-402), aquest és un component essencial en el reciclatge de l'amoníac. Aquest dispositiu combina la condensació del vapor d'amoníac amb la separació dels líquids. La funció principal d'aquest equip és condensar el vapor d'amoníac en estat gasos present en el corrent que prové del desorbidor, aquest corrent es barreja amb un altre corrent provinent del tanc a nivell, el qual conté una porció molt petita d'aigua i carbamat, els quals ja estan en estat líquid. El condensador de reflux funciona aprofitant el principi d'intercanvi de calor. L'amoníac condensat, serà reciclat al reactor de formació del carbamat, augmentant l'eficiència del procés.

2.3.11 Evaporador

Els evaporadors juguen un paper fonamental per concentrar la solució d'urea mitjançant l'eliminació d'aigua a través de l'evaporació, aquests ajuden a reduir el consum d'energia i milloren la qualitat del producte.

El seu funcionament es basa en la transferència de calor, l'evaporació i la concentració. La calor es transfereix des d'una font de calor en aquest cas vapor d'aigua a través, a la solució d'urea a través de tubs o canals. L'alta conductivitat tèrmica del metall i la diferència de temperatura entre la font de calor i la solució faciliten aquesta transferència. La calor rebuda per la solució d'urea provoca l'evaporació de l'aigua, transformant-la en vapor d'aigua. La temperatura d'ebullició de l'aigua depèn de la pressió del sistema. A mesura que l'aigua s'evapora, la concentració d'urea a la solució restant augmenta. Aquesta solució concentrada s'envia a etapes posteriors del procés per la preparació del producte final.

Dins de la planta de producció es troben dos evaporadors, el pre-evaporador (E-401) i l'evaporador (E-402), a causa d'una estratègia curosament dissenyada per optimitzar el procés i maximitzar l'eficiència. Aquests dos treballen junts per transformar la solució diluïda d'urea en un producte final concentrat, reduint al seu pas el consum d'energia i millorant la qualitat del producte final.

El pre-evaporador actua com a primer pas crucial a la concentració de la solució d'urea, aquest rep el corrent provinent del tanc flash, que conté una barreja principalment d'urea i aigua. La seva funció principal és evaporar una part de l'aigua present en el corrent, i d'aquesta manera concentrar la solució d'urea d'una manera preliminar, en aquest equip també es redueix el volum del corrent que ingressa a l'evaporador principal, el que minimitza la càrrega tèrmica i el consum d'energia. Finalment, aquest component ajuda a preescalfar la solució abans del seu ingrés a l'evaporador principal, millorant l'eficiència de la transferència de calor en la següent etapa.

L'evaporador principal concentra la solució d'urea a un nivell més elevat. Aquest equip rep el corrent provinent del pre-evaporador, que ja ha estat parcialment concentrat, i el sotmet a un procés d'evaporació més intens. La seva funció principal és evaporar la major part d'aigua restant en la solució, fins a arribar a la concentració desitjada d'urea per a la granulació. Amb aquest equip també es pretén eliminar les impureses volàtils presents en la solució per tal de millorar la qualitat de la urea final.

2.3.12 Desorbidor

En la planta d'Ureka el desorbidor (D-501) juga un paper crucial en la recuperació de l'amoníac atrapat en una solució líquida. Aquest equip funciona com un alliberador, extraient l'amoníac i tornant aquest al procés, de tal manera que s'optimitza l'eficiència i es redueix el consum de matèries primeres.

La seva funció principal se separa l'amoníac d'una solució líquida que conté amoníac dissolt en aigua. Aquesta solució prové de dues fonts, d'un tanc d'amoníac i aigua que conté una barreja d'amoníac dissolt en aigua, i del condensador de reflux, el qual conté amoníac condensant, junt amb una petita fracció d'aigua i carbamat.

El desorbidor funciona aprofitant el principi de transferència de calor i l'evaporació selectiva. La solució líquida que entra al desorbidor s'escalfa usant el corrent líquid de sortida per cues d'aquest. La calor es transfereix a la solució a través de les parets d'un intercanviador de calor.

L'alta conductivitat tèrmica del metall i la diferència de temperatura entre la font de calor i la solució faciliten aquesta transferència.

L'augment de la temperatura provoca l'evaporació de l'amoniac, que té un punt d'ebullició més baix que l'aigua. El vapor d'amoniac se separa de la solució líquida i s'eleva per la part superior del desorbidor. Per altra banda, l'aigua, que té un punt d'ebullició superior, roman en la solució líquida en el fons del desorbidor.

2.3.13 Hidrolitzador

A la planta Ureka es disposa d'un hidrolitzador d'urea. L'hidrolitzador (H-501) d'urea té com a objectiu descompondre químicament la urea a través de l'addició d'aigua. L'hidrolitzador s'utilitza únicament per tractar la urea que en algun moment del procés ha passat a estat gas, i que, per tant, s'ha "desviat" del camí teòric que hauria de seguir dins de la planta. L'hidrolitzador permet recuperar amoniac i diòxid de carboni per tal de reaporofitarlos en el procés. A continuació es presenta la reacció mencionada.

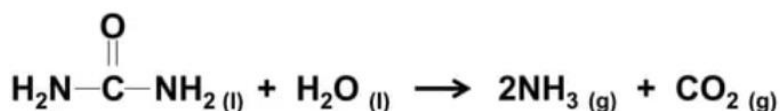


Figura 1. Reacció d'hidrolització de la urea

L'hidrolitzador en qüestió treballa a 180 °C i 16 bars de pressió. El vapor que s'addiciona per fer la hidròlisi entra a una temperatura de 170 °C. En canvi, la solució que conté la urea en qüestió entra a 190 °C i 16 bars de pressió.

2.3.14 Granulador

El procés de granulació de la urea en gairebé qualsevol planta que utilitza el mètode Stamicarbon es du a terme en un llit fluïditzat^[2]. El llit fluïditzat és de gran importància, ja que evita que les partícules que es van granulant s'aglomerin, i en conseqüència s'assegura que siguin de la mida adient. Per tal que la urea d'elevada concentració en pes granuli el més eficientment possible, s'agrega formaldehid d'urea a la urea que s'obté del procés. El que es fa amb aquesta urea que conté el formaldehid d'urea és ruixar-la en forma d'una pel·lícula molt prima dins del granulador. En el granulador, l'aire de fluïdització es distribueix d'una manera uniforme gràcies a una placa perforada.

Per tal que la granulació es porti a cap d'una manera més fàcil, el que es fa és addicionar en la primera secció del granulador urea reciclada que ha estat molta. Aquesta urea col·loquialment

s'anomena com a "llavor". El procés consisteix a polvoritzar la urea sobre aquestes llavors. A mesura que els grans d'urea avancen pel granulador, la mida d'aquests també ho fa, fins a assolir la mida desitjada, 4 mm aproximadament.

El granulador es divideix en dues parts; una de granulació i l'altre de refredament. La primera conté embocadures de polvorització, la segona no perquè el que es busca és simplement refredar i endurir els grànuls abans que surtin del mateix granulador.

Dins del granulador les temperatures oscil·len entre els 100 i 120°C. S'opera a aquestes temperatures, ja que són inferiors a la temperatura de fusió de la urea (132 °C), però a la vegada el prou elevat per a afavorir una ràpida evaporació de l'aigua.

Per al granulador s'ha decidit contactar amb l'empresa ACT^[3] per dissenyar el granulador en funció de les necessitats de la planta. Aquest equip es construirà amb acer inoxidable i tindrà una superfície d'aproximadament 93m². S'ha triat aquesta empresa per les seves altes capacitats de granulació i per la possibilitat de treballar en continu.

2.3.15 Coolers

Un "cooler" és un equip que té com a objectiu principal assecar i refredar els compostos que circulen per al seu interior. En el cas d'Ureka el producte ja granulat. En la planta de producció es disposa de dos coolers. En el mercat hi ha molts tipus de coolers, no obstant a Ureka només s'utilitzen coolers de llit fluïditzat. En els coolers de llit fluïditzat el que es fa és subministrar aire a l'interior d'aquest a través d'una placa perforada. Aquest aire s'ha de subministrar a la suficient velocitat per tal que les partícules granulades puguin "fluïditzar-se" a través d'aquest.

Els coolers es poden dividir en dues seccions; en la primera el que es fa és subministrar aire calent per assegurar-se que la urea granulada es troba realment seca; i en la segona secció el que es fa és subministrar aire fred per tal de poder-lo emmagatzemar i preparar per al seu transport.

Com s'ha mencionat a Ureka es disposa de dos coolers. El primer es troba a la sortida del granulador, i per aquest passen tots els grànuls d'urea, independentment de la mida. En el segon cooler ja s'ha fet la selecció dels grànuls d'urea en funció de la mida i només s'utilitza per a aquells grànuls que acabaran sortint com a producte final. Cal mencionar que en el segon cooler els grànuls d'urea surten a una temperatura inferior als 40 °C. A l'empresa Ureka, els coolers que s'instal·laran són de la marca JOEST^[4].

2.3.16 Elevador de galledes

La funció de l'elevador de galledes és transportar el gra verticalment. Per dur a terme aquesta tasca s'utilitza un elevador de galledes a causa de la capacitat, confiança i baixa despesa econòmica que suposa. A més a més, és una estructura que ocupa poc espai. Addicionalment, implica una baixa despesa econòmica un cop instal·lat, ja que el motor que requereix és de baixes prestacions.

En la planta Ureka s'ha decidit fer ús d'un elevador de galledes model SK60, de la marca KAL-SYSTEM RENDSZERKET ALKOTUNK^[5]. El model en qüestió té capacitat per transportar verticalment 60 tones/hora; així doncs, seria suficient per assolir les 1200 tones/dia que es produiran a Ureka.

2.3.17 Pantal·les vibratòries o tamisadors

Les pantal·les vibratòries són elements indispensables en qualsevol equip de tamisatge. Les pantal·les vibratòries o tamisadores es basen en un mètode mecànic per garbellar els sòlids de mida diferent. En el cas del procés Stamicarbon es necessita que el tamisador en qüestió pugui separar els grans en tres mides. La mida del gra desitjada, el granulat que ha quedat amb una mida major i el d'una mida menor.

En el cas del gra que és massa gran el que es fa és moldre-ho i tornar-lo a introduir a la granuladora com a "llavor". En canvi, el gra petit es pot enviar directament com a "llavor" sense necessitat de ser pretractat. Tenint en compte els requisits de mides que s'han de poder separar, a Ureka es farà ús de dos tamisadors industrials de la marca FILTRA model FTI-040^[6].

2.3.18 Ejector

Un ejector és un equip que té per finalitat generar vuit per augmentar la velocitat del fluid que circula per una canonada. Aquest vuit es genera a través d'un fluid d'alta pressió que es fa passar per una arqueta de l'ejector, de manera que aquest fluid s'expandeix i es converteix l'energia referida a la pressió en energia cinètica, ja que aquesta expansió genera una regió de baixa pressió que fa que el fluid que circula a través de la canonada ho faci més ràpidament a causa de la depressió mencionada. En la sortida de l'ejector s'obté la mescla del fluid d'alta pressió amb el fluid que ja circulava prèviament per la canonada.

En la planta Ureka es disposa de dos ejectors instal·lats. El primer es troba abans de l'entrada d'amoníac al pool condensar. El segon es troba en la canonada que va des del condensador cap a l'absorbidor atmosfèric.

2.3.19 Bescanviadors de calor

A Ureka es disposa de múltiples bescanviadors de calor ja sigui per evaporar, escalfar, condensar o refredar. Aquests equips són de vital importància, ja que permeten modificar les temperatures a temperatures òptimes en funció de les necessitats concretes del corrent en qüestió. Cal mencionar que a Ureka tots els bescanviadors de calor són de carcasses i tubs.

A l'hora de dissenyar els bescanviadors de calor hi ha múltiples paràmetres a tenir en compte, tots aquests s'explicaran més a fons en l'apartat de manual de càlculs, ja que allà es detallarà més profundament com s'han dissenyat a través del programari Aspen Hysis Heat Exchanger.

A Ureka es busca minimitzar les despeses econòmiques i optimitzar al màxim possible el procés productiu. És per aquest motiu, i també a causa de l'elevada despesa que suposa refrigerar o escalfar el líquid refrigerant fins a la temperatura òptima, que s'ha proposat un sistema de encreuament de corrents per minimitzar la despesa energètica i l'ús de l'aigua. A continuació s'adjunta la taula 2, on es pot veure el bescanvi de calor produït en els diferents bescanviadors o equips amb necessitat de refrigeració.

Taula 2. Bescanvi energètic

Equip	Tipus	Te(°C)	Ts(°C)	Calor (Kw)
E-100	Calent	25	55	2154,6
E-103	Calent	25	55	152,8
Bescanviador compressor	Calent	25	55	720,6
Besc previ separador	Calent	25	55	671,5
E-109	Fred	170	150	5447
Besc eq 37	Fred	140	130	27,8
Condenser 10	Calent	-30	-5	131,2
Condenser 20	Calent	-30	-5	3193
Reactor	Fred	170	25	5215,5
Stripper	Fred	200	164	27874,3
Pool condenser	Calent	20	40	160697,5
Scrubber	Calent	20	40	43,905
Pre-evaporador	Fred	300	250	128733,8
Evaporador	Fred	300	250	28136,28
Granulador	Fred	200	160	7288,6

En observar les necessitats de refrigeració de la planta s'ha vist com a Ureka es pot implementar un circuit de refrigeració per minimitzar els processos d'escalfament o refredament de l'aigua de refrigeració dins de la planta. A continuació es mostren els diferents punts que es pretenen implementar per aconseguir-ho.

- Utilitzar la sortida de l'aigua de refrigeració del reactor pels bescanviadors E-100, E-103, el bescanviador del compressor i el bescanviador previ al separador. D'aquesta manera, no s'ha de refredar aigua a 25°C per aquest ús, ja que s'utilitza la de la sortida del reactor. A més a més, l'aigua a la sortida d'aquests bescanviadors surt a 55°C, fet que economitza el procés d'haver-la d'escalfar novament des dels 25°C de la sortida del reactor fins als 170°C requerits en l'entrada d'aquest.
- Utilitzar l'aigua de la sortida del pre-evaporador i de l'evaporador per bescanviar calor amb l'aigua que s'hagi d'escalfar per anar al reactor o bescanviador E-109. D'aquesta manera s'aconseguiria disminuir l'aigua de la sortida del pre-evaporador i evaporador fins als 200 °C, i s'utilitzarà per a l' stripper i el granulador, a la vegada que s'escalfa sense cap mena de cost afegit l'aigua que ha d'entrar al reactor.
- L'aigua de la sortida de la sortida del stripper i del granulador es troba molt propera a la temperatura d'entrada de l'aigua del reactor; així doncs, si es calenta lleugerament aquesta aigua podria entrar al reactor pràcticament sense necessitats energètiques de bescanvi de calor per arribar als 170°C.

2.3.20 Trituradora

Després de passar per les pantalles vibratòries, aquells grànuls que tinguin una mida superior a la desitjada passen per una trituradora per tal de reduir el seu rang òptim per l'ús final.

La seva capacitat per refinar els grànuls d'urea a una mida òptima garanteix una aplicació eficient i un rendiment millorat, contribuint a una millor productivitat agrícola.

A la planta Ureka s'ha decidit instal·lar una trituradora de la marca TELSCHIG^[8], per tal d'aconseguir la mida òptima de grànul.

2.3.21 Torre de refrigeració

Les torres de refrigeració d'aigua, són equips que tenen com a finalitat refredar grans volums d'aigua, que es basen en el principi de la refrigeració evaporativa^[8].

En les torres de refrigeració, l'aigua que ha d'anar a un procés que s'ha de refrigerar, cau per uns difusors els quals la que la polvoritzen sobre un farciment. L'aigua es distribueix sobre aquest, intercanviant temperatura amb l'aire i cau a una bassa on unes bombes la recullen i torna a impulsar-la al procés que ha de refrigerar^[9]. Aquesta es troba en l'àrea de serveis.

2.3.22 Caldera

Les calderes són equips que contenen aigua que generen calor latent amb ajuda d'una font combustible. Seguidament, aquestes es connecten a una varietat d'equips industrials. Aquest equip és l'encarregat de fer calor a l'aigua perquè aquesta pugui arribar a la resta d'equips de la planta i puguin funcionar correctament.

Les calderes funcionen de la següent forma^[10]:

1. La caldera és alimentada amb aigua mitjançant una bomba que impulsa a aquesta.
2. L'aigua absorbeix la calor fins al seu punt d'ebullició
3. El vapor s'acumula en la part més alta de l'equip.

2.4 Llistat dels equips

En aquest apartat es troba el llistat d'equips distribuïts en les diferents àrees dins de la planta Ureka. A la taula es troben recol·lectats les àrees amb la nomenclatura corresponent.

Taula 3. Àrees d'equips a Ureka

ÀREA	NOMENCLATURA
Emmagatzematge de reactius	A-100
Reacció	A-200
Recirculació	A-300
Evaporació	A-400
Desorció i hidrolització	A-500
Granulació	A-600
Emmagatzematge productes	A-1200

2.4.1 Àrea 100

		Full 1 de 1		LLISTAT D'EQUIPS	
		ÀREA	100	LOCALITZACIÓ	El Prat de Llobregat
		PLANTA	UREKA	DATA	13/05/2024
ÍTEM	EQUIP	MATERIAL	PARÀMETRE DE DISSENY		COST (€)
T-101	Tanc d'emmagatzematge de CO2	AISI 304	Volum (m³)	1338	486358,82
T-102	Tanc d'emmagatzematge de CO2	AISI 304	Volum (m³)	1338	486358,82
T-103	Tanc d'emmagatzematge de CO2	AISI 304	Volum (m³)	1338	486358,8209
T-104	Tanc d'emmagatzematge de CO2	AISI 304	Volum (m³)	1338	486358,82
T-105	Tanc d'emmagatzematge de NH3	AISI 304	Volum (m³)	870	343771,21
T-106	Tanc d'emmagatzematge de NH3	AISI 304	Volum (m³)	870	343771,21
T-107	Tanc d'emmagatzematge de NH3	AISI 304	Volum (m³)	870	343771,21
T-108	Tanc d'emmagatzematge de NH3	AISI 304	Volum (m³)	870	343771,21

2.4.2 Àrea 200

		Full 1 de 1		LLISTAT D'EQUIPS	
		ÀREA	200	LOCALITZACIÓ	El Prat de Llobregat
		PLANTA	UREKA	DATA	13/05/2024
ÍTEM	EQUIP	MATERIAL	PARÀMETRE DE DISSENY		COST (€)
SP-201	Stripper	AISI 316L	Àrea (m ²)	14,46	20197
PC-201	Pool condenser	AISI 316L	Àrea (m ²)	17,12	22514,10
R-201	Reactor d'urea	AISI 316L	Volum (m ³)	238,61	132853,79
R-202	Reactor d'urea	AISI 316L	Volum (m ³)	238,61	132853,79
SB-201	Scrubber	AISI 316L	Volum (m ³)	10,06	879938,88
EJ-201	Ejector	AISI 316L	Potència (MW)	4,7	6016,40
A-201	Absorbidor	AISI 316L	Volum (m ³)	63	342868,04
BC-201	Bescanviador de calor	AISI 316L	Àrea (m ²)	1,2	6021,54
BC-202	Bescanviador de calor	AISI 316L	Àrea (m ²)	1,2	6021,54
BC-203	Bescanviador de calor	AISI 316L	Àrea (m ²)	8,5	14680,90
BC-204	Bescanviador de calor	AISI 316L	Àrea (m ²)	8,5	14680,9

2.4.3 Àrea 300

		Full 1 de 1		LLISTAT D'EQUIPS	
		ÀREA	300	LOCALITZACIÓ	El Prat de Llobregat
		PLANTA	UREKA	DATA	13/05/2024
				REVISIÓ	11/06/2024
ÍTEM	EQUIP	MATERIAL	PARÀMETRE DE DISSENY		COST (€)
S-301	Separador	AISI 316L	Volum (m ³)	39,25	287269,54
C-301	Condensador	AISI 316L	Àrea (m ²)	5,7	11808,05
C-302	Condensador flash	AISI 316L	Àrea (m ²)	33,8	36097,87
T-301	Tanc de nivell	AISI 316L	Volum (m ³)	0,122	110052,44
T-302	Tanc de nivell	AISI 316L	Volum (m ³)	9,5	731862,16
T-303	Tanc flash	AISI 316L	Volum (m ³)	1,91	255383,83
A-301	Absorbidor atmosfèric	AISI 316L	Volum (m ³)	113,09	1480677,88

2.4.4 Àrea 400

		Full 1 de 1		LLISTAT D'EQUIPS	
		ÀREA	200	LOCALITZACIÓ	El Prat de Llobregat
		PLANTA	UREKA	DATA	13/05/2024
				REVISIÓ	11/06/2024
ÍTEM	EQUIP	MATERIAL	PARÀMETRE DE DISSENY		COST (€)
E-401	Pre-evaporador	AISI 316L	Àrea (m2)	34,11	495542,06
E-402	Evaporador	AISI 316L	Àrea (m2)	33,23	490416,20
T-401	Tanc d'urea	AISI 304	Volum (m3)	62	138338,36
T-402	Tanc de NH3 i H2O	AISI 304	Volum (m3)	25,8	113084,44
T-403	Tanc de nivell	AISI 316L	Volum (m3)	174,13	453924,70
C-401	Condensador	AISI 316L	Àrea (m2)	135	232649,6
C-402	Condensador de reflux	AISI 316L	Àrea (m2)	1328	45149
EJ-401	Ejector	AISI 316L	Potència (MW)	5	6016,40

2.4.5 Àrea 500

		Full 1 de 1		LLISTAT D'EQUIPS	
		ÀREA	200	LOCALITZACIÓ	El Prat de Llobregat
		PLANTA	UREKA	DATA	13/05/2024
				REVISIÓ	11/06/2024
ÍTEM	EQUIP	MATERIAL	PARÀMETRE DE DISSENY		COST (€)
D-501	Desorbidor	AISI 316L	Volum	70,68	804648,85
H-501	Hidrolitzador	AISI 316L	Volum	66,15	46000
BC-501	Bescanviador de calor	AISI 316L	Àrea (m2)	54,1	26220,92
BC-502	Bescanviador de calor	AISI 316L	Àrea (m2)	159,7	36275,6

2.4.6 Àrea 600

		Full 1 de 1		LLISTAT D'EQUIPS	
		ÀREA	200	LOCALITZACIÓ	El Prat de Llobregat
		PLANTA	UREKA	DATA	13/05/2024
ÍTEM	EQUIP	MATERIAL	PARÀMETRE DE DISSENY		COST (€)
SB-601	Scrubber	AISI 316L	Diàmetre i alçada (m)	3 i 9	253185,83
SB-602	Scrubber	AISI 316L	Diàmetre i alçada (m)	8,8 i 2,9	289377,84
G-601	Granulador	AISI 316L	Capacitat (TPH)	55	1380000
F-601	Cooler	AISI 316L	Àrea (m2)	60	47620,25
F-602	Cooler	AISI 316L	Àrea (m2)	60	47620,25
EL-601	Elevador de galledes	AISI 316L	Capacitat (TPH)	60	65499,27
CR-601	Triturador	AISI 316L	Capacitat (M3/H)	100	201187,51
VS-601	Pantalles vibratòries	AISI 316L	Àrea (m2)	75	375501,61
VS-602	Pantalles vibratòries	AISI 316L	Àrea (m2)	75	375501,61

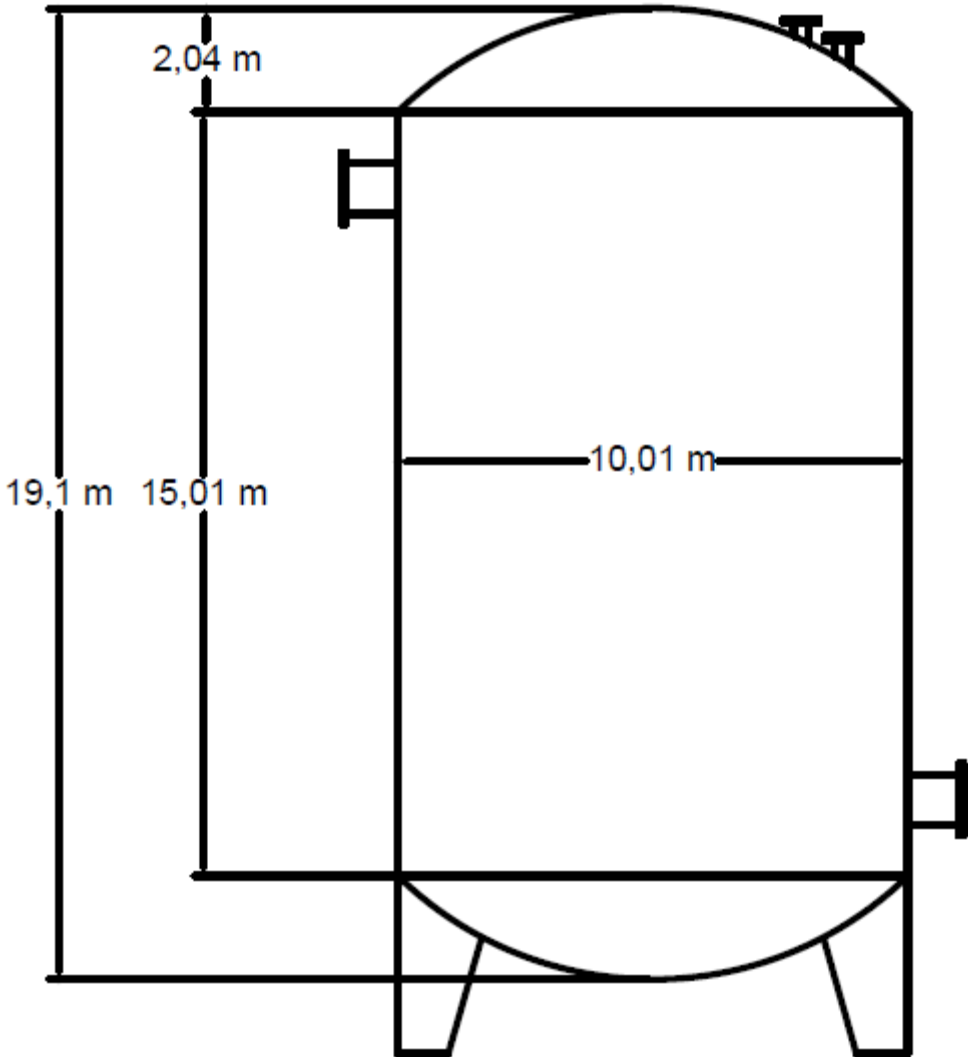
2.4.7 Àrea 1200

		Full 1 de 1		LLISTAT D'EQUIPS	
		ÀREA	200	LOCALITZACIÓ	El Prat de Llobregat
		PLANTA	UREKA	DATA	13/05/2024
				REVISIÓ	11/06/2024
ÍTEM	EQUIP	MATERIAL	PARÀMETRE DE DISSENY		COST (€)
T-1201	Silos d'emmagatzematge d'urea	AISI 304	Volum (m3)	2031	616293,34
T-1202	Silos d'emmagatzematge d'urea	AISI 304	Volum (m3)	2031	616293,34
T-1203	Silos d'emmagatzematge d'urea	AISI 304	Volum (m3)	2031	616293,34
T-1204	Silos d'emmagatzematge d'urea	AISI 304	Volum (m3)	2031	616293,34

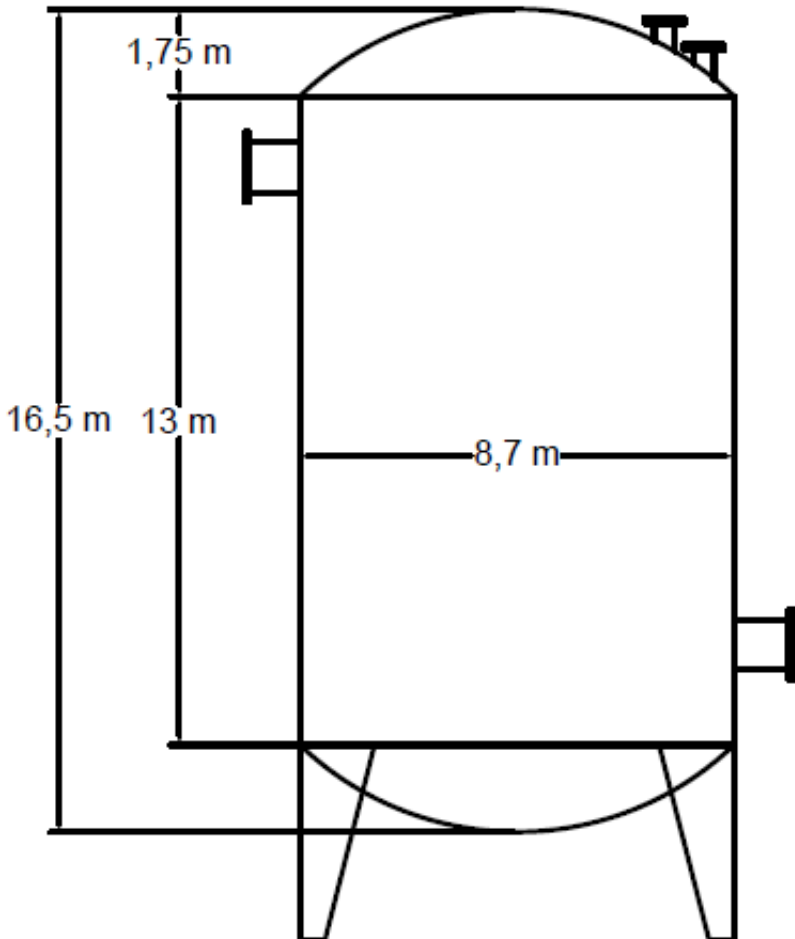
2.5 Full d'especificacions equips

2.5.1 Tancs d'emmagatzematge

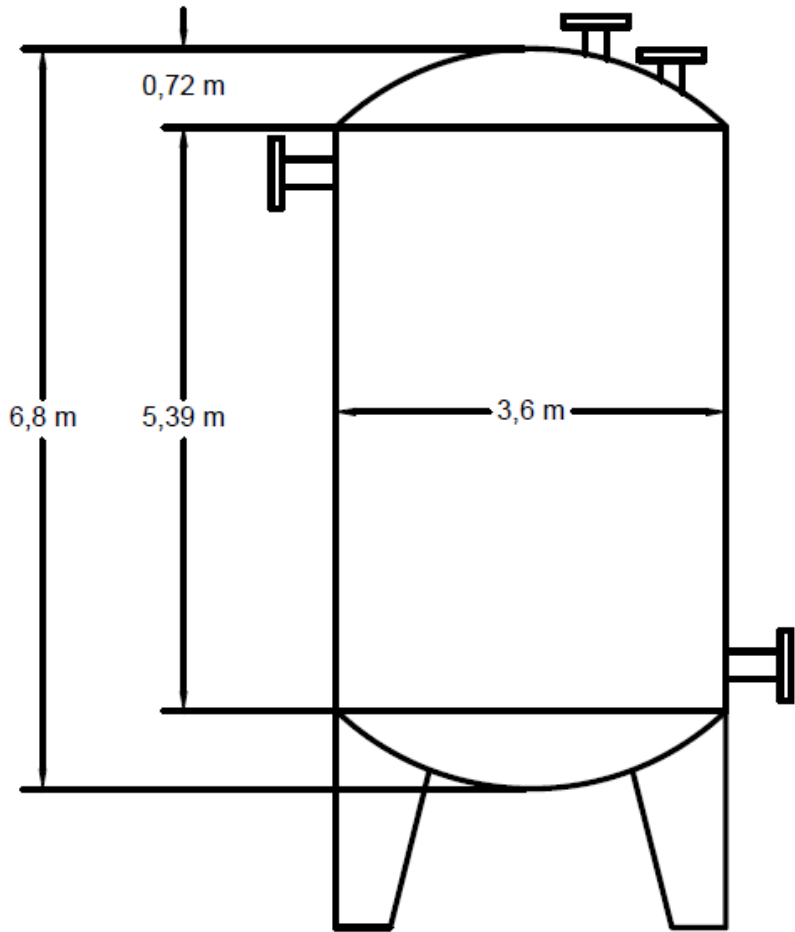
	Full 1 de 2	FULL D'ESPECIFICACIONS: Tanc emmagatzematge CO ₂			
	Ítem	T-101	Localització	El Prat de Llobregat	
	Àrea	A-100	Data	13/05/2024	
	Planta	UREKA	Revisió	13/06/2024	
DADES GENERALS					
Denominació		Tanc d'emmagatzematge de CO2			
Funció		Emmagatzemar CO2			
Orientació		Vertical			
Nº de tancs		4			
Stock (h)		72			
DADES D'OPERACIÓ					
Nom del fluid		Diòxid de carboni			
Fase del fluid		Líquid			
Temperatura (°C)		-40			
Pressió (atm)		10			
Densitat (Kg/m3)		811			
Nivell del líquid		12,51			
% ocupació		73,5			
DADES DE DISSENY					
Material		AISI 304			
Densitat material (Kg/m³)		7900			
Volum (m³)		1338			
Alçada (m)		19			
Pressió de disseny (atm)		12,6			
Temperatura de disseny (°C)		-55			
Diàmetre intern (m)		10,008			
Diàmetre extern (m)		10,139			
Espessor cos (mm)		131			
Capçal	Superior	Tipus	Toriesfèric	Espessor (mm)	131
	Inferior		Toriesfèric		131
Aïllant		Foamglass			
Espessor aïllant (mm)		100			
Pes tanc buit (Tn)		73,3			
Pes tanc ple (Tn)		871,4			
Codi de disseny		ASME			

	Full 2 de 2	FULL D'ESPECIFICACIONS: Tanc Emmagatzematge CO ₂		
	Ítem	T-101	Localització	El Prat de Llobregat
	Àrea	A-100	Data	13/05/2024
	Planta	UREKA	Revisió	11/06/2024
VENTILACIÓ				
Superfície humida (m2)	393			
Calor rebuda pel recipient (kJ/h)	9372019			
Calor latent (kJ/h)	210			
Capacitat de ventilació (Kg/h)	44629			
ESBÒS				
				

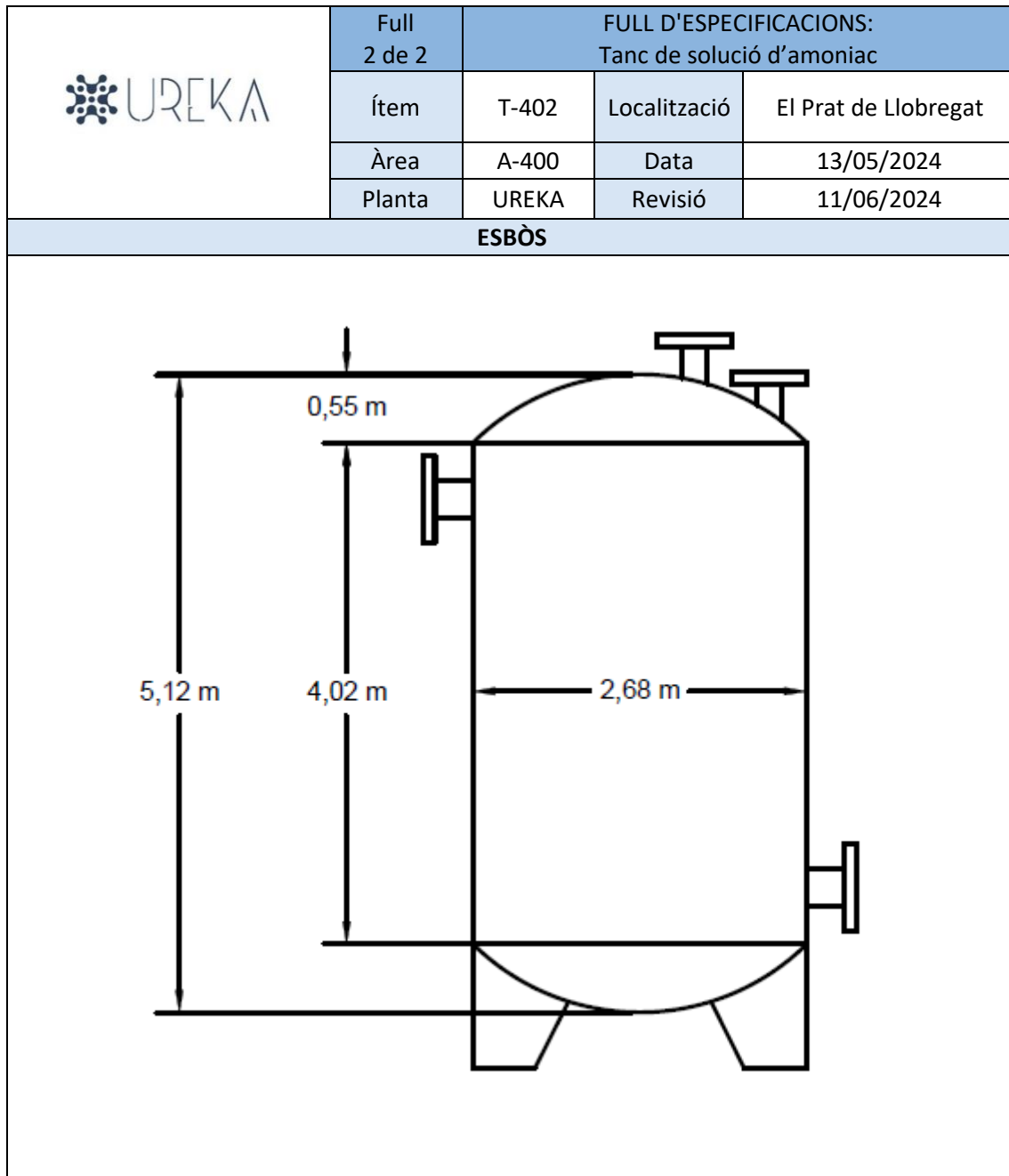
	Full 1 de 2		FULL D'ESPECIFICACIONS: Tanc d'emmagatzematge de NH3		
	Ítem	T-105	Localització	El Prat de Llobregat	
	Àrea	A-100	Data	13/05/2024	
	Planta	UREKA	Revisió	13/06/2024	
DADES GENERALS					
Denominació		Tanc d'emmagatzematge de NH3			
Funció		Emmagatzemar NH3			
Orientació		Vertical			
Nº de tancs		4			
Stock (h)		48			
DADES D'OPERACIÓ					
Nom del fluid		Amoníac anhidrid			
Fase del fluid		Líquid			
Temperatura (°C)		-33			
Pressió (atm)		8			
Densitat (Kg/m3)		682			
Nivell del líquid		9,3			
% ocupació		63			
DADES DE DISSENY					
Material		AISI 304			
Densitat material (Kg/m³)		7900			
Volum (m³)		870			
Alçada (m)		16,4			
Pressió de disseny (atm)		9,9			
Temperatura de disseny (°C)		-48			
Diàmetre intern (m)		8,67			
Diàmetre extern (m)		8,79			
Espessor cos (mm)		124			
Capçal	Superior	Tipus	Toriesfèric	Espessor (mm)	124
	Inferior		Toriesfèric		124
Aïllant		Foamglass			
Espessor aïllant (mm)		100			
Pes tanc buit (Tn)		43			
Pes tanc ple (Tn)		416,7			
Codi de disseny		ASME			

	Full 2 de 2	FULL D'ESPECIFICACIONS: Tanc d'emmagatzematge de NH3		
	Ítem	T-105	Localització	El Prat de Llobregat
	Àrea	A-100	Data	13/05/2024
	Planta	UREKA	Revisió	11/06/2024
VENTILACIÓ				
Superfície humida (m2)	253			
Calor rebuda pel recipient (kJ/h)	6525211			
Calor latent (kJ/h)	1370			
Capacitat de ventilació (Kg/h)	4763			
ESBÒS				
				

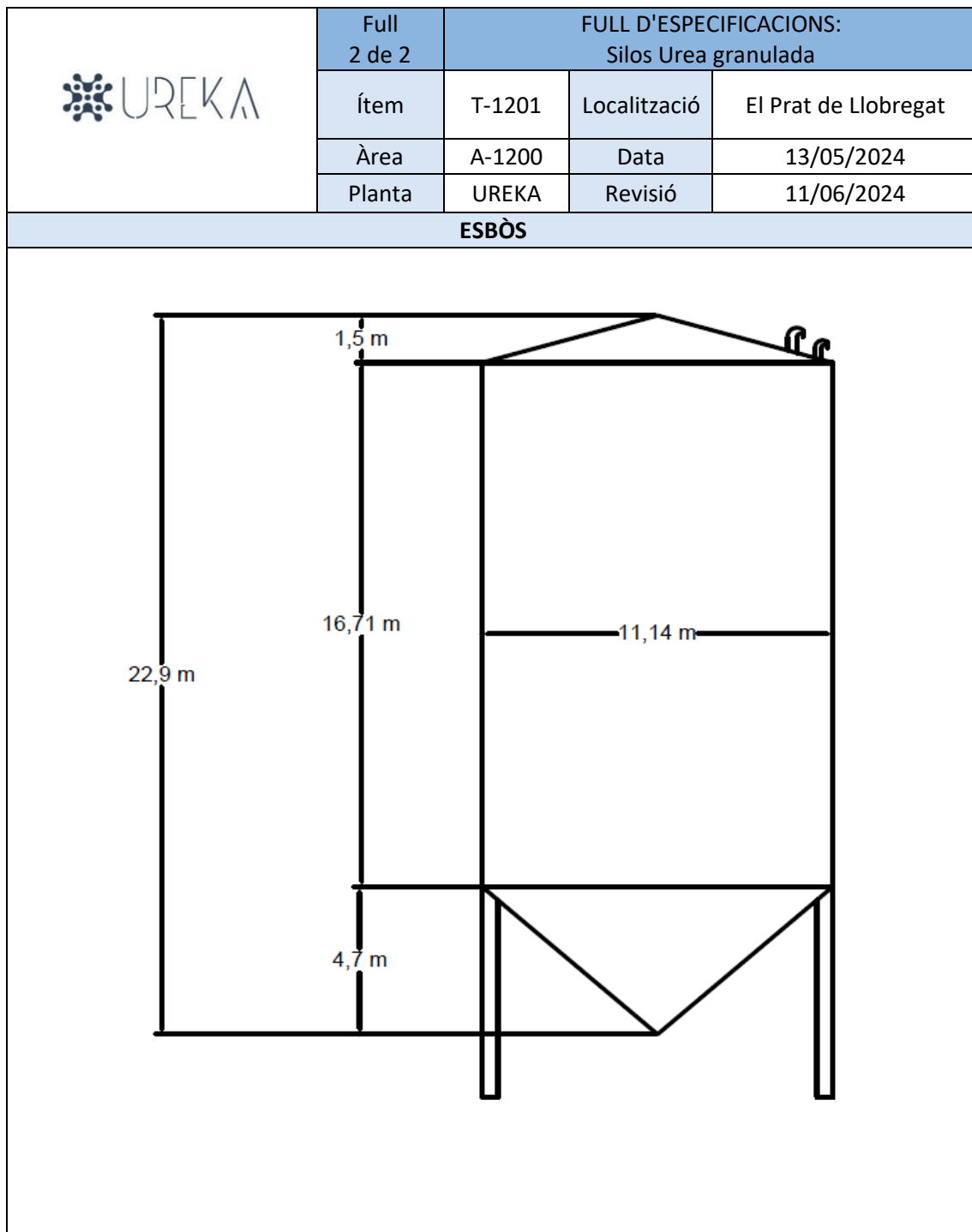
	Full 1 de 2	FULL D'ESPECIFICACIONS: Tanc de solució d'Urea			
	Ítem	T-401	Localització	El Prat de Llobregat	
	Àrea	A-400	Data	13/05/2024	
	Planta	UREKA	Revisió	11/06/2024	
DADES GENERALS					
Denominació		Tanc solució d'Urea			
Orientació		Vertical			
Nº de tancs		1			
DADES D'OPERACIÓ					
Nom del fluid		Urea			
Fase del fluid		Líquid			
Temperatura (°C)		180			
Pressió (atm)		4			
Densitat (Kg/m3)		1309,5			
Nivell del líquid		4,5			
% ocupació		73,5			
DADES DE DISSENY					
Material		AISI 304			
Densitat material (Kg/m³)		7900			
Volum (m³)		62			
Alçada (m)		6,8			
Pressió de disseny (atm)		5,25			
Temperatura de disseny (°C)		195			
Diàmetre intern (m)		3,6			
Diàmetre extern (m)		3,71			
Espessor cos (mm)		112			
Capçal	Superior	Tipus	Toriesfèric	Espessor (mm)	112
	Inferior		Toriesfèric		112
Aïllant		Foamglass			
Espessor aïllant (mm)		100			
Pes tanc buit (Tn)		4			
Pes tanc ple (Tn)		63,7			
Codi de disseny		ASME			

	Full 2 de 2	FULL D'ESPECIFICACIONS: Tanc de solució d'urea		
	Ítem	T-401	Localització	El Prat de Llobregat
	Àrea	A-400	Data	13/05/2024
	Planta	UREKA	Revisió	11/06/2024
ESBÓS				
				

	Full 1 de 2	FULL D'ESPECIFICACIONS: Tanc de solució d'amoníac			
	Ítem	T-402	Localització	El Prat de Llobregat	
	Àrea	A-400	Data	13/05/2024	
	Planta	UREKA	Revisió	11/06/2024	
DADES GENERALS					
Denominació	Tanc de solució d'amoníac				
Orientació	Vertical				
Nº de tancs	1				
DADES D'OPERACIÓ					
Nom del fluid	Amoníac anhídrid				
Fase del fluid	Líquid				
Temperatura (°C)	70				
Pressió (atm)	10				
Densitat (Kg/m3)	844,8				
Nivell del líquid	3,22				
% ocupació	70,6				
DADES DE DISSENY					
Material	AISI 304				
Densitat material (Kg/m³)	7900				
Volum (m³)	25,7				
Alçada (m)	5,1				
Pressió de disseny (atm)	11,8				
Temperatura de disseny (°C)	85				
Diàmetre intern (m)	2,68				
Diàmetre extern (m)	2,79				
Espessor cos (mm)	114				
Capçal	Superior	Tipus	Toriesfèric	Espessor (mm)	114
	Inferior		Toriesfèric		114
Aïllant		Foamglass			
Espessor aïllant (mm)		100			
Pes tanc buit (Tn)		2,6			
Pes tanc ple (Tn)		18			
Codi de disseny		ASME			

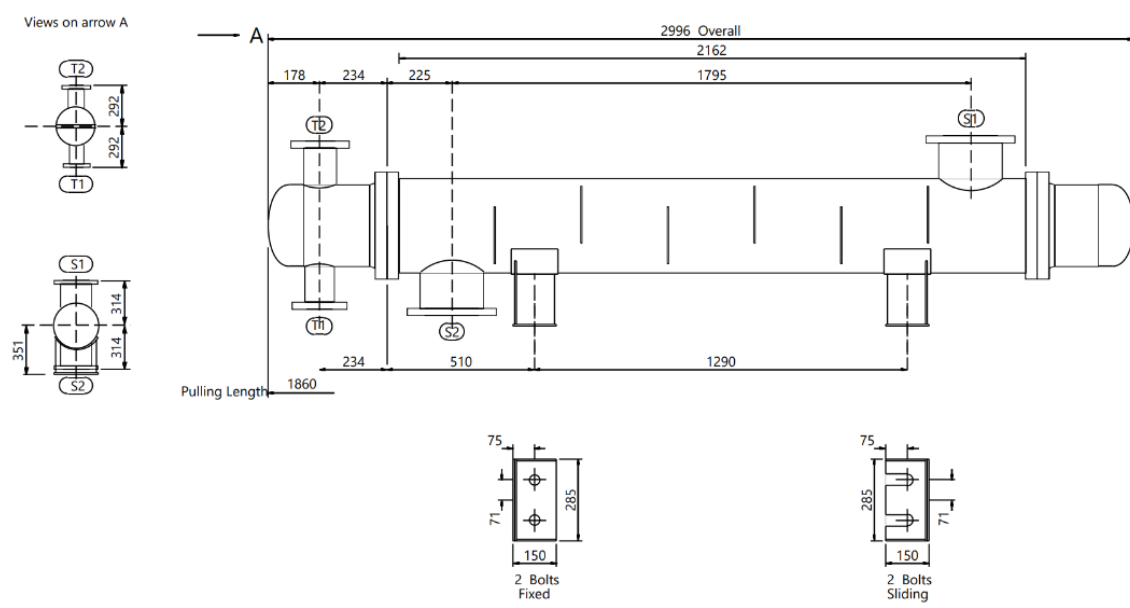


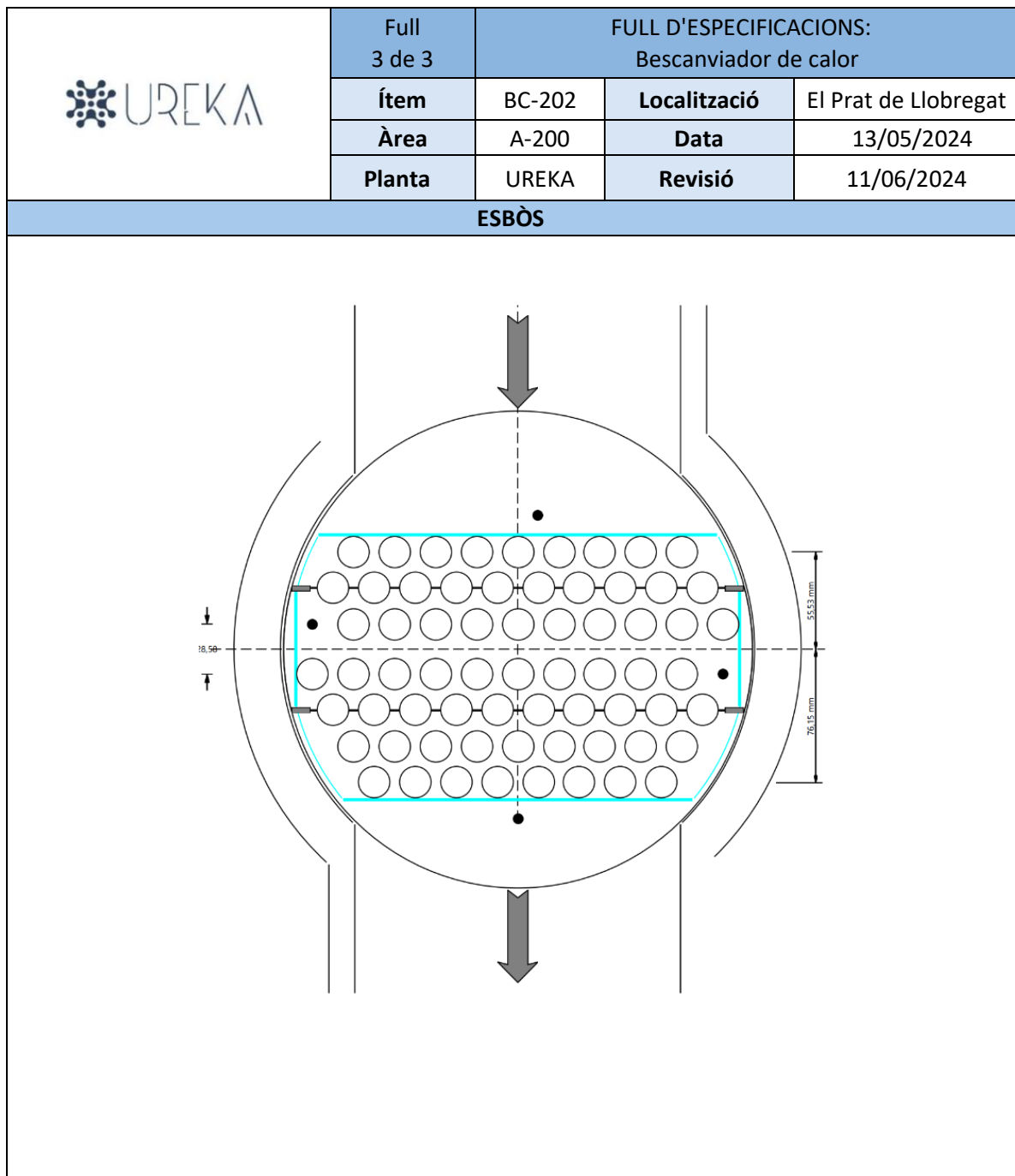
	Full 1 de 2		FULL D'ESPECIFICACIONS: Silos Urea granulada		
	Ítem	T- 1201	Localització	El Prat de Llobregat	
	Àrea	A-1200	Data	13/05/2024	
	Planta	UREKA	Revisió	11/06/2024	
DADES GENERALS					
Denominació		Silos Urea granulada			
Funció		Emmagatzemar Urea granulada			
Orientació		Vertical			
Nº de tancs		4			
Stock (h)		72			
DADES D'OPERACIÓ					
Nom del fluid		Urea			
Fase del fluid		Sòlid			
Temperatura (°C)		25			
Pressió (atm)		1			
Densitat (Kg/m3)		740			
DADES DE DISSENY					
Material		AISI 304			
Densitat material (Kg/m³)		7900			
Volum (m³)		2031			
Alçada (m)		23			
Pressió de disseny (atm)		2,3			
Temperatura de disseny (°C)		40			
Diàmetre intern (m)		11,143			
Diàmetre extern (m)		11,149			
Espessor cos (mm)		6,4			
Capçal	Superior	Tipus	Cònic	Espessor (mm)	5,9
	Inferior		Cònic		7,7
Pes tanc buit (Tn)		23,1			
Pes tanc ple (Tn)		1028,1			
Codi de disseny		ASME			



2.5.2 Bescanviadors de calor

	Full 1 de 3	FULL D'ESPECIFICACIONS: Bescanviador de calor		
	Ítem	BC-202	Localització	El Prat de Llobregat
	Àrea	A-200	Data	13/05/2024
	Planta	UREKA	Revisió	10/06/2024
DADES GENERALS				
Denominació	Bescanviador de calor BC-202			
Finalitat	Refredar el corrent líquid que surt del reactor abans que entri al Stripper			
Substàncies manipulades	Amoníac, aigua, carbamat, biuret i urea			
Substància d'interès	Urea			
DADES D'OPERACIÓ				
	Carcassa		Tubs	
	Entrada	Sortida	Entrada	Sortida
Fluid circulant	Aigua		Solució	
Cabal total (kg/s)	16,8555		37,3889	
Cabal vapor (kg/s)	0	0	0	0
Cabal líquid (kg/s)	16,8555	16,8555	37,3889	37,3889
Temperatura operació (°C)	25	54,99	190	170
Pressió (bar)	25	24,94657	140	139,4703
Velocitat (mínima/max) (m/s)	0,72/1,05		6,6/6,77	
Densitat (vapor/líquid) (kg/m3)	/753,39	/736,,98	/535,2	/561,82
Calor específic (Kj/kg·K)	/4,296	/4,234	/2,971	/2,803
Conductivitat tèrmica (W/m·K)	/4,3215	/3,9767	/0,1843	/0,1862
Calor intercanviada (Kw)	2154,6			
Factor embrutiment (m2·K/W)	0,0002		0,00012	
DADES DE DISSENY				
	Carcassa		Tubs	
Pressió de disseny (bar)	28		154	
Temperatura disseny (°C)	80		225	
Passos per carcassa	1		2	
Corrosió admesa (mm)	0		0	
Connexions entrada (mm)	152,4		203,2	
Connexions sortida (mm)	152,4		203,2	
Material	SS 316-L			
Norma disseny	ASME Code Sec VIII Div 1		Classe	B-serveis químics

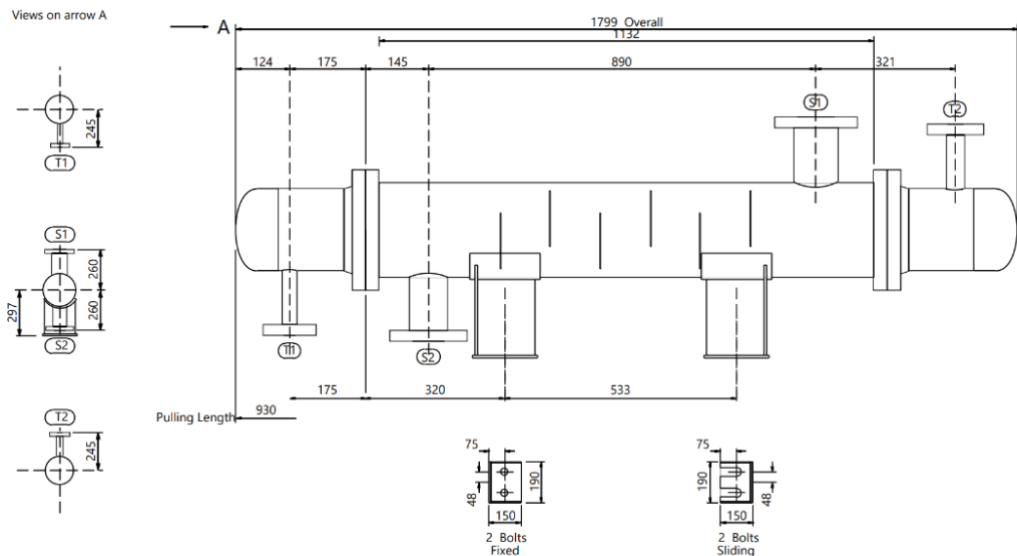
	Full 2 de 3	FULL D'ESPECIFICACIONS: Bescanviador de calor			
	Ítem	BC-202	Localització	El Prat de Llobregat	
	Àrea	A-200	Data	13/05/2024	
	Planta	UREKA	Revisió	11/06/2024	
Dades disseny tubs					
Nombre tubs:	106	OD (mm):	19,05	Longitud: (mm)	1500
Tipus de tub:	Pla	Pitch:	Triangular	Distància pitch (mm)	23,81
Patró de tubs:	30	Passos tub			2
Dades disseny carcassa					
Nombre baffles	2	Cut (%d)		38,91	
Espaiat buffles (mm)	625	Tipus		Segmentat únic	
ID (mm)	372,98	OD(mm)		372,98	
ESBÒS					
Views on arrow A 					



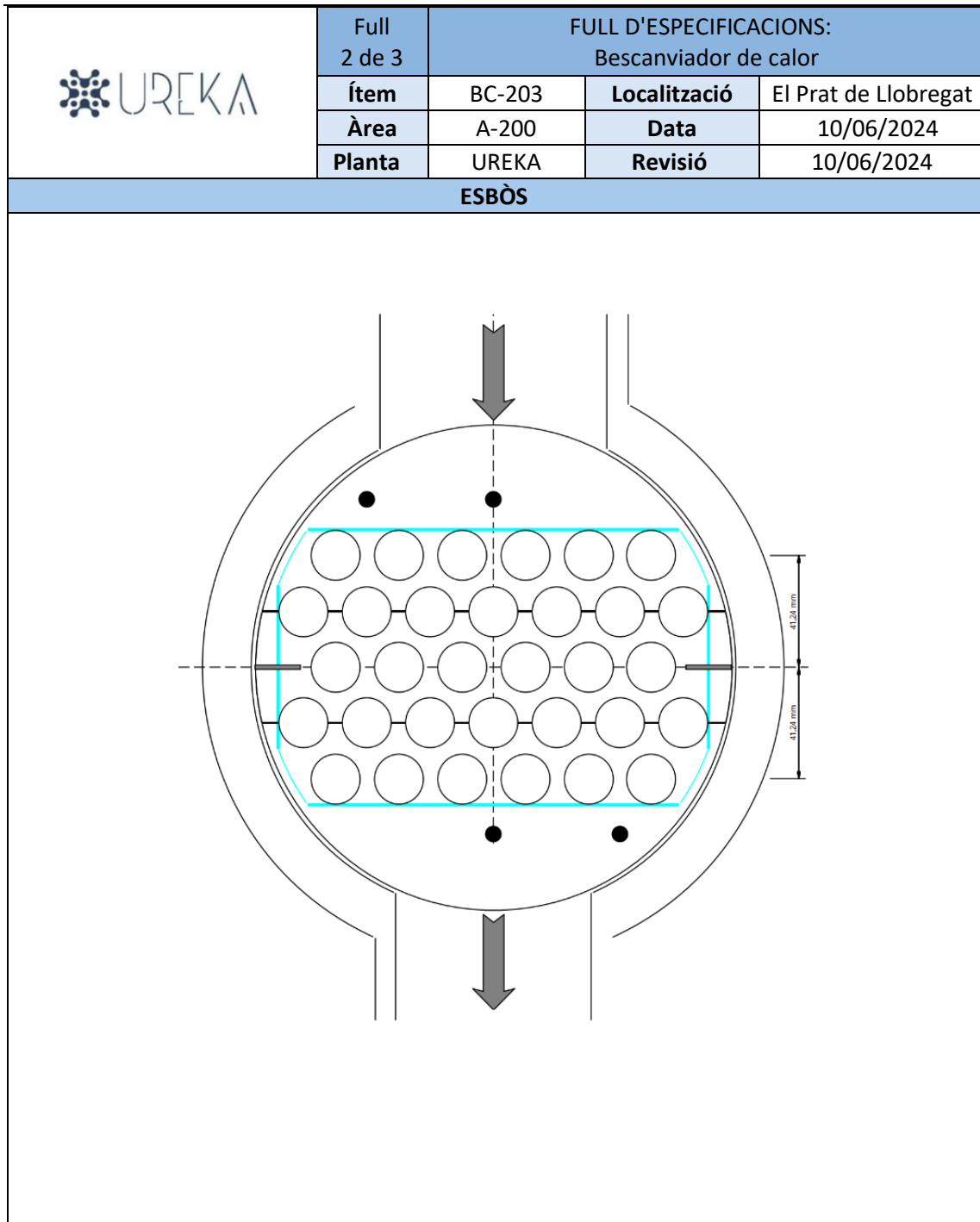
	Full 1 de 2	FULL D'ESPECIFICACIONS: Bescanviador de calor		
	Ítem	BC-203	Localització	El Prat de Llobregat
	Àrea	A-200	Data	10/06/2024
	Planta	UREKA	Revisió	10/06/2024
DADES GENERALS				
Denominació	Bescanviador de calor BC-203			
Finalitat	Refredar el corrent vapor abans que entri al scrubber			
Substàncies manipulades	Aire, diòxid de carboni, amoníac, aigua i urea			
Substància d'interès	Urea			
DADES D'OPERACIÓ				
	Carcassa		Tubs	
	Entrada	Sortida	Entrada	Sortida
Fluid circulant	Aigua		Solució	
Cabal total (kg/s)	1,7894		2,6519	
Cabal vapor (kg/s)	0	0	0	0
Cabal líquid (kg/s)	1,7894	1,7894	2,6519	2,6519
Temperatura operació (°C)	25	44,99	190	170
Pressió (bar)	25	24,9625	140	139,885
Velocitat (mínima/max) (m/s)	0,23/0,28		2,48/2,54	
Densitat (vapor/líquid) (kg/m3)	/753,39	/742,63	/535,2	/561,9
Calor específic (Kj/kg·K)	/4,296	/4,251	/2,971	/2,802
Conductivitat tèrmica (W/m·K)	/4,3215	/4,0864	/0,1843	/0,1863
Calor intercanviada (Kw)	152,8			
Factor embrutiment (m2·K/W)	0,0002		0,00012	
DADES DE DISSENY				
	Carcassa		Tubs	
Pressió de disseny (bar)	28		154	
Temperatura disseny (°C)	80		225	
Passos per carcassa	1		2	
Corrosió admesa (mm)	0		0	
Connexions entrada (mm)	50,8		38,1	
Connexions sortida (mm)	31,75		50,8	
Material	SS 316-L			
Norma disseny	ASME Code Sec VIII Div 1		Classe	B-serveis químics

	Full 2 de 2	FULL D'ESPECIFICACIONS: Bescanviador de calor			
	Ítem	BC-203	Localització	El Prat de Llobregat	
	Àrea	A-200	Data	10/06/2024	
	Planta	UREKA	Revisió	10/06/2024	
Dades disseny tubs					
Nombre tubs:	20	OD (mm):	19,05	Longitud: (mm)	1200
Tipus de tub:	Plà	Pitch:	Triangular	Distància pitch (mm)	23,81
Patró de tubs:	30		Passos tub	4	
Dades disseny carcassa					
Nombre baffles	6		Cut (%d)	41,22	
Espaiat baffles (mm)	135		Tipus	Segmentat únic	
ID (mm)	222,98		OD(mm)	222,98	
ESBÒS					

Views on arrow A



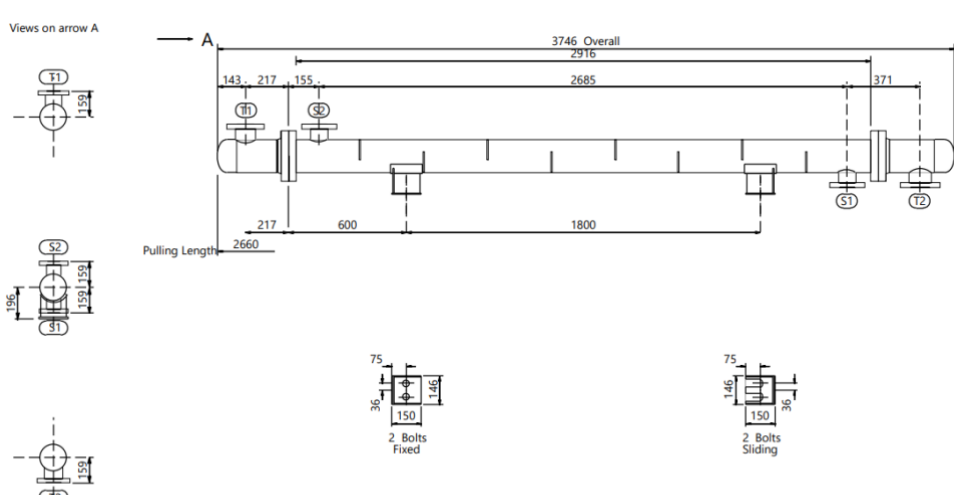
The drawing includes a side view with dimensions: 124, 175, 145, 890, 321, 1799 Overall, 1132, 930 Pulling Length, 175, 320, 533. It also shows three end views: T1 (245), S1/S2 (297, 245, 260), and T2 (245). Two detail views of bolt patterns are shown: '2 Bolts Fixed' (75, 48, 150, 190) and '2 Bolts Sliding' (75, 190, 150, 48).



	Full 1 de 2	FULL D'ESPECIFICACIONS: Bescanviador de calor		
	Ítem	BC-201	Localització	El Prat de Llobregat
	Àrea	A-200	Data	10/06/2024
	Planta	UREKA	Revisió	10/06/2024
DADES GENERALS				
Denominació	Bescanviador de calor BC-201			
Finalitat	Refredar el corrent vapor de diòxid de carboni que entra al sistema			
Substàncies manipulades	Aire, diòxid de carboni i aigua			
Substància d'interès	Diòxid de carboni			
DADES D'OPERACIÓ				
	Carcassa		Tubs	
	Entrada	Sortida	Entrada	Sortida
Fluid circulant	Aigua		Solució	
Cabal total (kg/s)	5,6347		8,1722	
Cabal vapor (kg/s)	0	0	0	0
Cabal líquid (kg/s)	5,6374	5,6374	8,1722	8,1722
Temperatura operació (°C)	25	54,99	220,4	150,03
Pressió (bar)	25	24,89613	140	139,7485
Velocitat (mínima/max) (m/s)	0,41/1,06		6,38/6,41	
Densitat (vapor/líquid) (kg/m3)	/753,39	/736,98	/297,75	/300,05
Calor específic (Kj/kg·K)	/4,296	/4,234	/1,463	/1,62
Conductivitat tèrmica (W/m·K)	/4,3215	/3,9767	/0,0593	/0,0513
Calor intercanviada (Kw)	720,6			
Factor embrutiment (m2·K/W)	0,0002		0,00012	
DADES DE DISSENY				
	Carcassa		Tubs	
Pressió de disseny (bar)	28		154	
Temperatura disseny (°C)	90		260	
Passos per carcassa	1		1	
Corrosió admesa (mm)	0		0	
Connexions entrada (mm)	76,2		88,9	
Connexions sortida (mm)	76,2		101,6	
Material	SS 316-L			
Norma disseny	ASME Code Sec VIII Div 1		Classe	B-serveis químics

	Full 1 de 2	FULL D'ESPECIFICACIONS: Bescanviador de calor			
	Ítem	BC-201	Localització	El Prat de Llobregat	
	Àrea	A-200	Data	10/06/2024	
	Planta	UREKA	Revisió	10/06/2024	
Dades disseny tubs					
Nombre tubs:	22	OD (mm):	19,05	Longitud: (mm)	3000
Tipus de tub:	Pla	Pitch:	Triangular	Distància pitch (mm)	23,81
Patró de tubs:	30	Passos tub			1
Dades disseny carcassa					
Nombre baffles	8	Cut (%d)			37,33
Espaiat buffles (mm)	325	Tipus			Segmentat únic
ID (mm)	320,98	OD(mm)			320,98
ESBÒS					

Views on arrow A

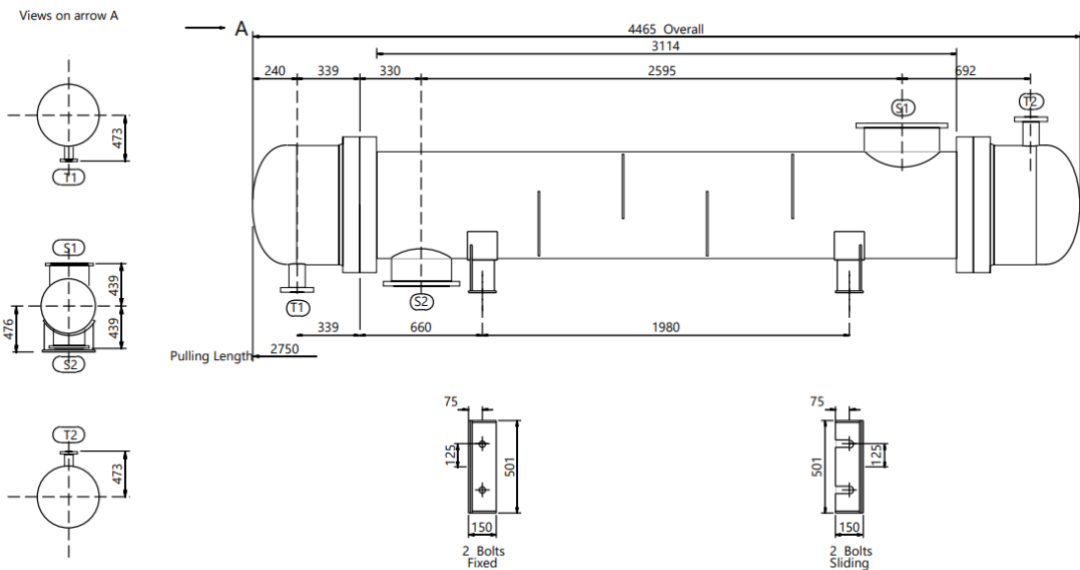


Pulling Length 2660

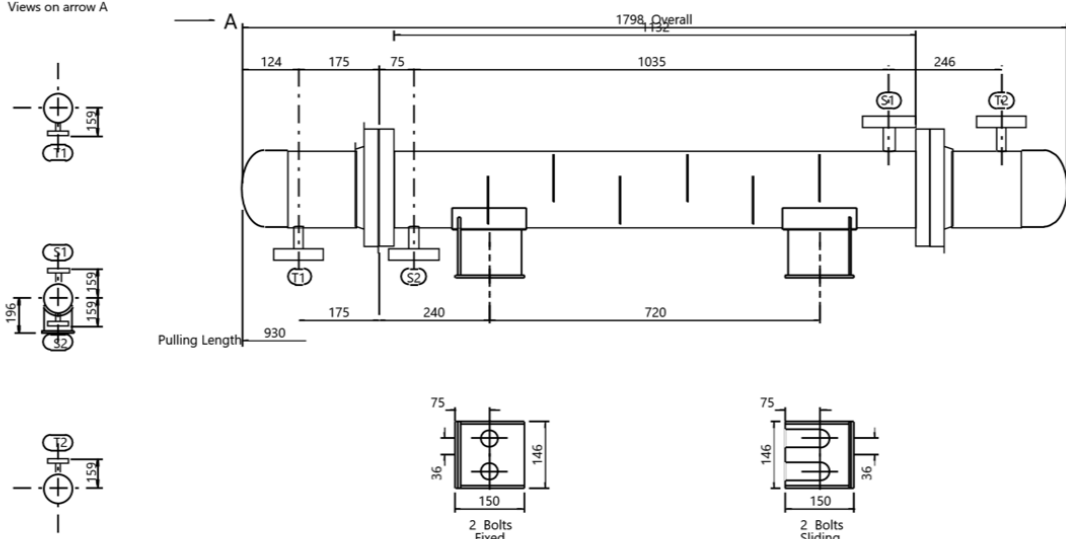
2 Bolts Fixed

2 Bolts Sliding

	Full 1 de 2	FULL D'ESPECIFICACIONS: Bescanviador de calor BC-207		
	Ítem	BC-207	Localització	El Prat de Llobregat
	Àrea	A-200	Data	10/06/2024
	Planta	UREKA	Revisió	10/06/2024
DADES GENERALS				
Denominació	Bescanviador de calor BC-207			
Finalitat	Escalfar el corrent que entra al pool reactor			
Substàncies manipulades	Amoníac, aigua, urea			
Substància d'interès	Amoníac			
DADES D'OPERACIÓ				
	Carcassa		Tubs	
	Entrada	Sortida	Entrada	Sortida
Fluid circulant	Aigua		Solució	
Cabal total (kg/s)	55,7594		8,7528	
Cabal vapor (kg/s)	0	0	0	0
Cabal líquid (kg/s)	55,7594	55,7594	8,7528	8,7528
Temperatura operació (°C)	170	150	-11,12	135
Pressió (bar)	40	39,58094	135	134,9545
Velocitat (mínima/max) (m/s)	4,76/5,63		0,19/0,21	
Densitat (vapor/líquid) (kg/m3)	/134,51	/147,73	/771,2	/684,12
Calor específic (Kj/kg·K)	/8,826	/17,211	/4,414	/4,251
Conductivitat tèrmica (W/m·K)	/0,153	/0,1486	/4,8157	/3,2262
Calor intercanviada (Kw)	5447			
Factor embrutiment (m2·K/W)	0,0001		0,00024	
DADES DE DISSENY				
	Carcassa		Tubs	
Pressió de disseny (bar)	44		149	
Temperatura disseny (°C)	205		170	
Passos per carcassa	1		1	
Corrosió admesa (mm)	0		0	
Connexions entrada (mm)	406,4		76,2	
Connexions sortida (mm)	304,8		76,2	
Material	SS 316-L			
Norma disseny	ASME Code Sec VIII Div 1		Classe	B-serveis químics

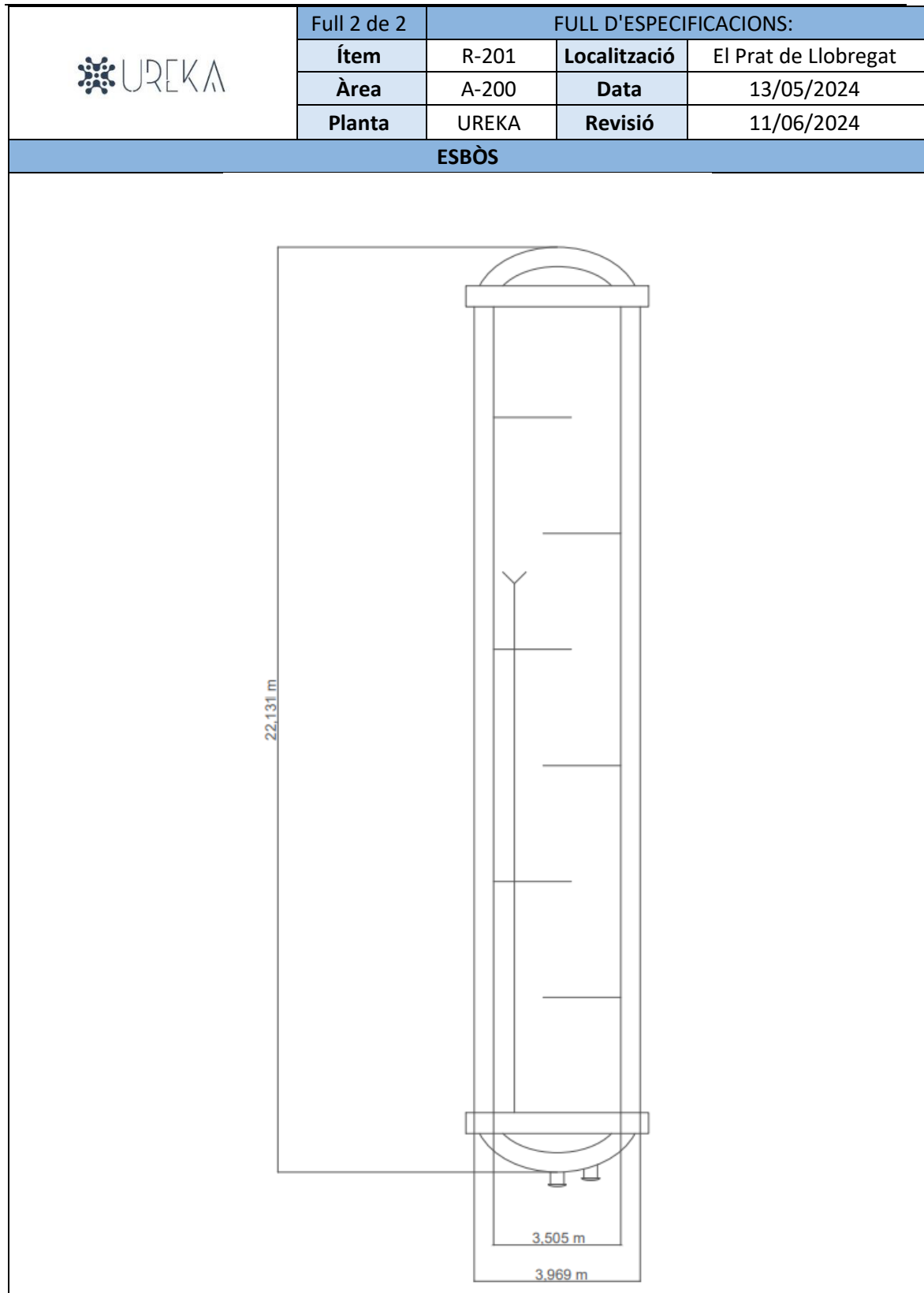
	Full 2 de 2		FULL D'ESPECIFICACIONS: Bescanviador de calor BC-207		
	Ítem	BC-207	Localització	El Prat de Llobregat	
	Àrea	A-200	Data	10/06/2024	
	Planta	UREKA	Revisió	10/06/2024	
Dades disseny tubs					
Nombre tubs:	318	OD (mm):	19,05	Longitud: (mm)	3300
Tipus de tub:	Plà	Pitch:	Triangular	Distància pitch (mm)	23,81
Patró de tubs:	30	Passos tub			1
Dades disseny carcassa					
Nombre baffles	4	Cut (%d)			38,75
Espaiat buffles (mm)	455	Tipus			Segmentat únic
ID (mm)	874,98	OD(mm)			874,98
ESBÒS					
Views on arrow A 					

	Full 1 de 2	FULL D'ESPECIFICACIONS: Bescanviador de calor BC-204		
	Ítem	BC-204	Localització	El Prat de Llobregat
	Àrea	A-200	Data	10/06/2024
	Planta	UREKA	Revisió	10/06/2024
DADES GENERALS				
Denominació	Bescanviador de calor equip 37			
Finalitat	Refredar el corrent líquid que entra al separador			
Substàncies manipulades	Amoníac, aigua, carbamat, biuret i urea			
Substància d'interès	Urea			
DADES D'OPERACIÓ				
	Carcassa		Tubs	
	Entrada	Sortida	Entrada	Sortida
Fluid circulant	Aigua		Solució	
Cabal total (kg/s)	0,1681		0,0858	
Cabal vapor (kg/s)	0	0	0	0
Cabal líquid (kg/s)	0,1681	0,1681	0,0858	0,0858
Temperatura operació (°C)	140	130	23,52	100
Pressió (bar)	40	39,98528	140	139,998
Velocitat (mínima/max) (m/s)	4,76/5,63		0,19/0,21	
Densitat (vapor/líquid) (kg/m3)	/215,4	/304,65	/754,16	/709,1
Calor específic (Kj/kg·K)	/19,863	/11,95	/4,3	/4,206
Conductivitat tèrmica (W/m·K)	/0,1395	/0,2915	/4,3399	/3,5328
Calor intercanviada (Kw)	27,8			
Factor embrutiment (m2·K/W)	0,0001		0,00024	
DADES DE DISSENY				
	Carcassa		Tubs	
Pressió de disseny (bar)	44		154	
Temperatura disseny (°C)	175		135	
Passos per carcassa	1		1	
Corrosió admesa (mm)	0		0	
Connexions entrada (mm)	19,05		12,7	
Connexions sortida (mm)	12,7		12,7	
Material	SS 316-L			
Norma disseny	ASME Code Sec VIII Div 1		Classe	B-serveis químics

	Full 1 de 2	FULL D'ESPECIFICACIONS: Bescanviador de calor BC-204			
	Ítem	BC-204	Localització	El Prat de Llobregat	
	Àrea	A-200	Data	10/06/2024	
	Planta	UREKA	Revisió	10/06/2024	
Dades disseny tubs					
Nombre tubs:	20	OD (mm):	19,05	Longitud: (mm)	1200
Tipus de tub:	Plà	Pitch:	Triangular	Distància pitch (mm)	23,81
Patró de tubs:	30		Passos tub		1
Dades disseny carcassa					
Nombre baffles	6		Cut (%d)		36,61
Espaiat baffles (mm)	145		Tipus		Segmentat únic
ID (mm)	203,98		OD(mm)		203,98
ESBÒS					
Views on arrow A 					

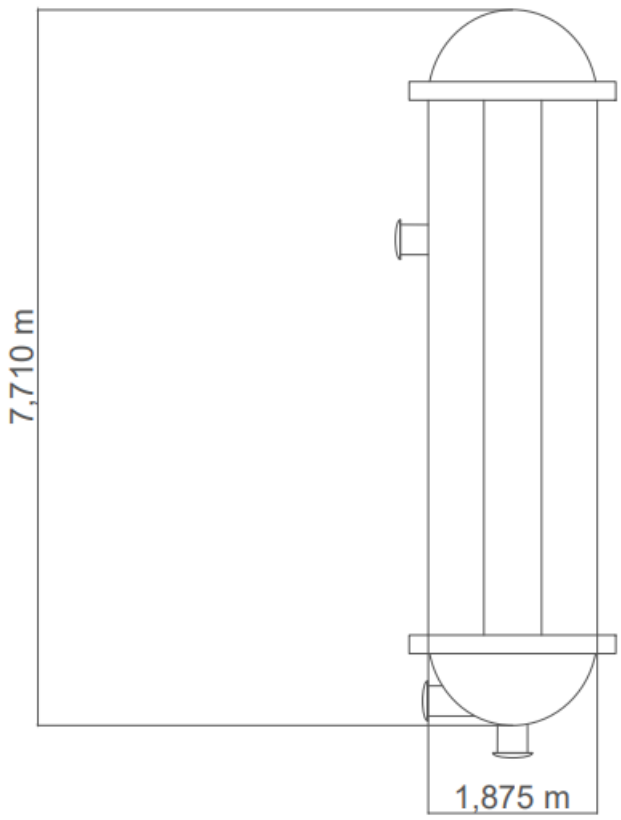
2.5.3 Reactor d'Urea

	Full 1 de 2	FULL D'ESPECIFICACIONS: Reactor d'urea		
	Ítem	R-201	Localització	El Prat de Llobregat
	Àrea	A-200	Data	13/05/2024
	Planta	UREKA	Revisió	11/06/2024
DADES GENERALS				
Denominació	Reactor d'urea			
Finalitat	Producció urea			
Substàncies manipulades	Carbamat, amoníac, urea			
Substància d'interès	Urea			
Grau de conversió (%)	70			
DADES D'OPERACIÓ				
	Entrada		Sortida	
	Gas	Líquid	Gas	Líquid
Components	Aire, CO ₂ , NH ₃ , H ₂ O	NH ₃ , Carbamat, H ₂ O	Aire, CO ₂ , NH ₃ , H ₂ O, Urea	NH ₃ , Carbamat, H ₂ O, Urea, Biuret
Fracció de vapor	1	0	1	0
Cabal màssic (Tn/h)	9,61	109,8	9,547	134,6
Cabal molar (Kmol/h)	491,2	1470	483,8	3881
Temperatura (°C)	170	170	190	190
Pressió (bar)	135	135	140	140
Temps de residència (min)	45			
DADES DE DISSENY				
Material	AISI 316L			
Normativa	ASME			
Pressió de disseny (Bar)	292			
Volum extern (m3)	238,61			
Volum intern (m3)	223,42			
Alçada total (m)	22,13			
Pes buit (Tn)	453			
Pes en operació (Tn)	553			
Sobredimensionament	20%			
Capçal	Elliptical 2:1			
Diàmetre disc (m)	4,62			
Espessor capçal (m)	0,22			
Alçada capçal	1,24			



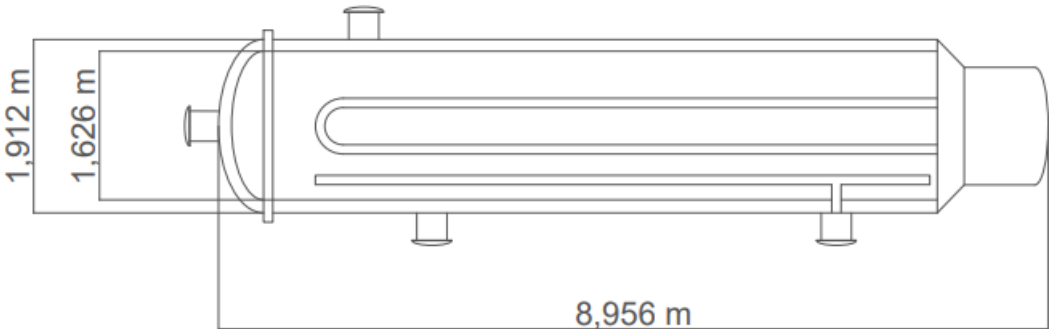
2.5.4 Stripper

	Full 1 de 2	FULL D'ESPECIFICACIONS: Stripper		
	Ítem	SP-201	Localització	El Prat de Llobregat
	Àrea	A-200	Data	
	Planta	UREKA	Revisió	
DADES GENERALS				
Denominació	Stripper			
Finalitat	Descomposició carbamat en CO ₂ i NH ₃			
Substàncies manipulades	Carbamat, CO ₂ , NH ₃			
Substància d'interès	CO ₂ i NH ₃			
Grau de conversió (%)	98			
Gas stripping	Diòxid de carboni			
DADES D'OPERACIÓ				
	Entrada		Sortida	
	Gas	Líquid	Gas	Líquid
Components	Aire, CO ₂ , H ₂ O	Carbamat, Urea, H ₂ O, NH ₃ , Biuret	Aire, CO ₂ , NH ₃ , H ₂ O, Urea	NH ₃ , Carbamat, H ₂ O, Urea, Biuret
Cabal màssic (Tn/h)	134,6	134,6	87,98	92,17
Cabal molar (kmol/h)	1047,83	3881	2890	2855
Pressió (Bar)	140	140	140	140
Temperatura (°C)	150	170	163,2	144,7
Temps de residència (s)	41			
DADES DEL DISSENY				
	CARCASSA		TUBS	
Material	AISI 316			
Normativa	ASME			
Sobredimensionament	20%			
Orientació	Vertical			
Pressió de disseny (bar)	22		154	
Passos per carcassa	1		8	
Gruix paret (mm)	16,47		1,74	
Diàmetre intern (mm)	1584		25,4	
Diàmetre extern(mm)	1613		26,65	
Longitud (m)	-		6	
Número de tubs	-		1749	
Volum intern (m³)	2,04		0,0030	
Volum extern (m³)	1,97		0,0033	
Pes buit (Tn)	22,78			
Pitch (m)	0,033			
Espai entre pantalles	0.63			
Número de pantalles	10			
Capçal	Koppler			

	Full 2 de 2	FULL D'ESPECIFICACIONS: Stripper		
	Ítem	SP-201	Localització	El Prat de Llobregat
	Àrea	A-200	Data	13/05/2024
	Planta	UREKA	Revisió	11/06/2024
ESBÒS				
				

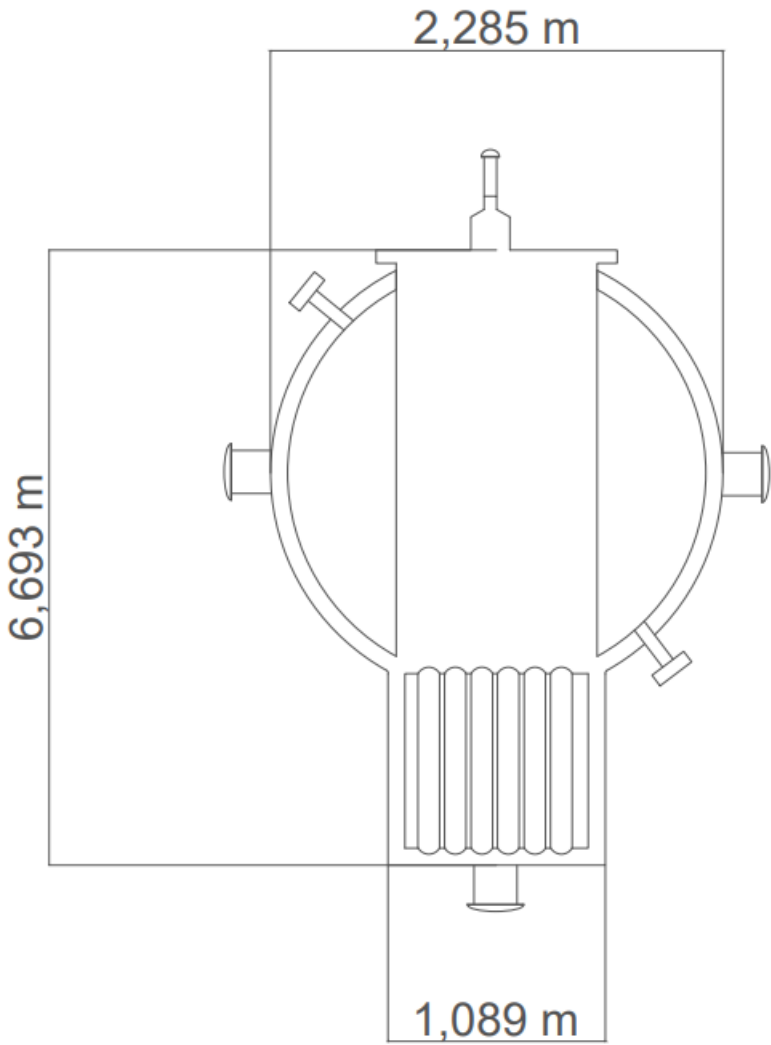
2.5.5 Pool Condenser

	Full 1 de 2	FULL D'ESPECIFICACIONS: Pool Condenser		
	Ítem	PC-201	Localització	El Prat de Llobregat
	Àrea	A-200	Data	13/05/2024
	Planta	UREKA	Revisió	11/06/2024
DADES GENERALS				
Denominació	Pool Condenser			
Finalitat	Formació de carbamat			
Substàncies manipulades	CO ₂ i NH ₃			
Substància d'interès	Carbamat			
Grau de conversió (%)	98			
DADES D'OPERACIÓ				
	Entrada		Sortida	
	Gas	Líquid	Gas	Líquid
Components	Aire, CO ₂ , NH ₃ , H ₂ O, Urea	NH ₃ , H ₂ O, Urea	Aire, CO ₂ , NH ₃ , H ₂ O	NH ₃ , H ₂ O, Carbamat, Urea
Cabal màssic (Tn/h)	31,48	87,98	9,61	109,8
Cabal molar (Kmol/h)	1845	2890	491,2	1470
Pressió (Bar)	135	140	135	135
Temperatura (°C)	143,6	163,2	170	170
Temps de residència(s)	2,53			
DADES DE DISSENY				
	CARCASA		TUBS	
Material	AISI 216			
Normativa	ASME			
Sobredimensionament (%)	20			
Orientació	Horitzontal			
Pressió de disseny (bar)	148,5		6.06	
Passos per carcassa	1		1	
Espessor (mm)	142,84		78,24	
Diàmetre intern (mm)	1626,22			
Diàmetre extern(mm)	1911,91			
Longitud (m)	8,95		8	
Número de tubs	-		2891	
Volum intern (m³)	18,83			
Volum extern (m³)	25,34			
Pes buit (Tn)	63,39			
Pitch (m)	0,034875			
Espai entre pantalles	0,65			
Número de pantalles	11			
Capçal	Semi esfèric			
Forma dels tubs	“U”			

	Full 2 de 2	FULL D'ESPECIFICACIONS: Pool Condenser		
	Ítem	PC-201	Localització	El Prat de Llobregat
	Àrea	A-200	Data	13/05/2024
	Planta	UREKA	Revisió	11/06/2024
ESBÒS				
				

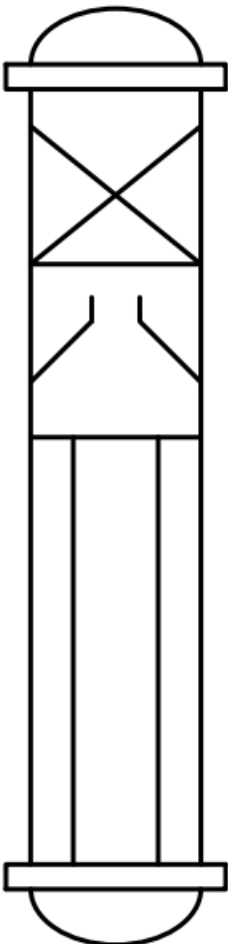
2.5.6 Scrubber

	Full 1 de 2	FULL D'ESPECIFICACIONS: Scrubber		
	Ítem	SB-201	Localització	El Prat de Llobregat
	Àrea	A-200	Data	13/05/2024
	Planta	UREKA	Revisió	11/06/2024
DADES GENERALS				
Denominació	Scrubber			
Finalitat	Netejar els gasos			
Substàncies manipulades	Diòxid de carboni, Amoníac, Aigua, Urea			
DADES D'OPERACIÓ				
	Entrada		Sortida	
	Gas	Líquid	Gas	Líquid
Cabal màssic (Tn/h)	9,547	0,31	9,524	0,3316
Cabal molar (Kmol/h)	483.8	14,97	482,5	16,32
Pressió (Bar)	140	140	135	135
Temperatura (°C)	170	100	168,5	168,5
DADES DE DISSENY				
Material	AISI 316			
Normativa	ASME			
Sobredimensionament (%)	20			
Forma scrubber	Esfèrica			
Pes	60,71			
Volum esfera (m³)	6,25			
Alçada (m)	6,69			
	CARCASA		TUBS	
Pressió de disseny (bar)	110		148.5	
Passos per carcassa	1		1	
Espessor (mm)	61,45		3,38	
Diàmetre intern (mm)	965,94		38,01	
Diàmetre extern(mm)	1088,84		42,23	
Longitud (m)	-		4	
Número de tubs	-		223	
Volum intern (m³)	7,94			
Volum extern (m³)	10,06			
Pitch (m)	0,0527			
Espai entre pantalles (m)	0,38			
Número de pantalles	9			
Fons	Koppler			

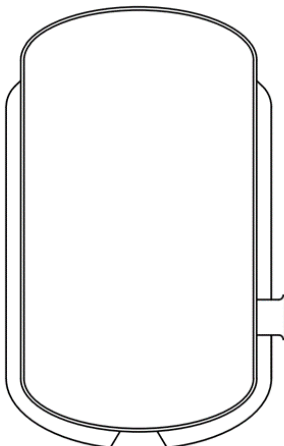
	Full 2 de 2	FULL D'ESPECIFICACIONS: Scrubber		
	Ítem	SB-201	Localització	El Prat de Llobregat
	Àrea	A-200	Data	13/05/2024
	Planta	UREKA	Revisió	11/06/2024
ESBÒS				
				

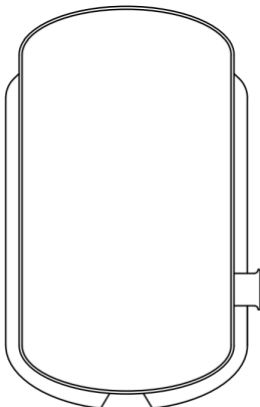
2.5.7 Separador

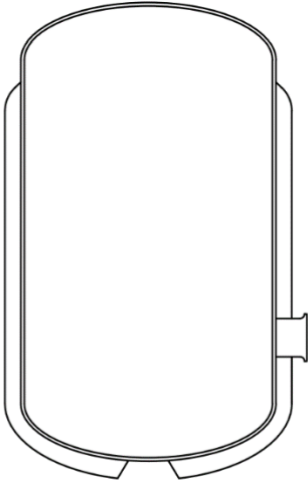
	Full 2 de 2	FULL D'ESPECIFICACIONS: Separador		
	Ítem	S-301	Localització	El Prat de Llobregat
	Àrea	A -300	Data	13/05/2024
	Planta	UREKA	Revisió	11/06/2024
DADES GENERALS				
Denominació	Separador			
Finalitat	Descomposició de carbamat i separador de fases			
Substàncies manipulades	Carbamat, amoníac, diòxid de carboni, urea, aigua i biuret			
Substància d'interès	Urea, carbamat, diòxid de carboni i amoníac			
DADES D'OPERACIÓ				
	Entrada		Sortida	
			Gas	Líquid
Cabal màssic (Tn/h)	92,17		0,6	91,57
Cabal molar (Kmol/h)	2855		22,37	2849
Pressió (Bar)	50		50	50
Temperatura (°C)	135		145,7	145,7
DADES DE DISSENY				
Material	AISI 316L			
Normativa	ASME			
Sobredimensionament (%)	20			
Orientació	Vertical			
Pes total separador (Tn)	7,41			
Alçada (m)	12,57			
Diàmetre virola separació (m)	2,28			
Volum virola separació (m³)	39,25			
	CARCASSA		TUBS	
Pressió de disseny (bar)	55		12,06	
Passos per carcassa	1		8	
Espessor (mm)	6,62		0,78	
Diàmetre intern (mm)	1003		25,4	
Diàmetre extern (mm)	1016		28,7	
Longitud (m)	-		5	
Número de tubs	-		402	
Volum intern (m³)	35,08			
Volum extern (m³)	39,25			
Pitch (m)	0,035			
Espai entre pantalles (m)	0,4			
Número de pantalles	11			
Fons	Koppler			
Capçal	Koppler			

	Full 2 de 2	FULL D'ESPECIFICACIONS: Scrubber		
	Ítem	S-301	Localització	El Prat de Llobregat
	Àrea	A-300	Data	13/05/2024
	Planta	UREKA	Revisió	11/06/2024
ESBÒS				
				

2.5.8 Tanc flash

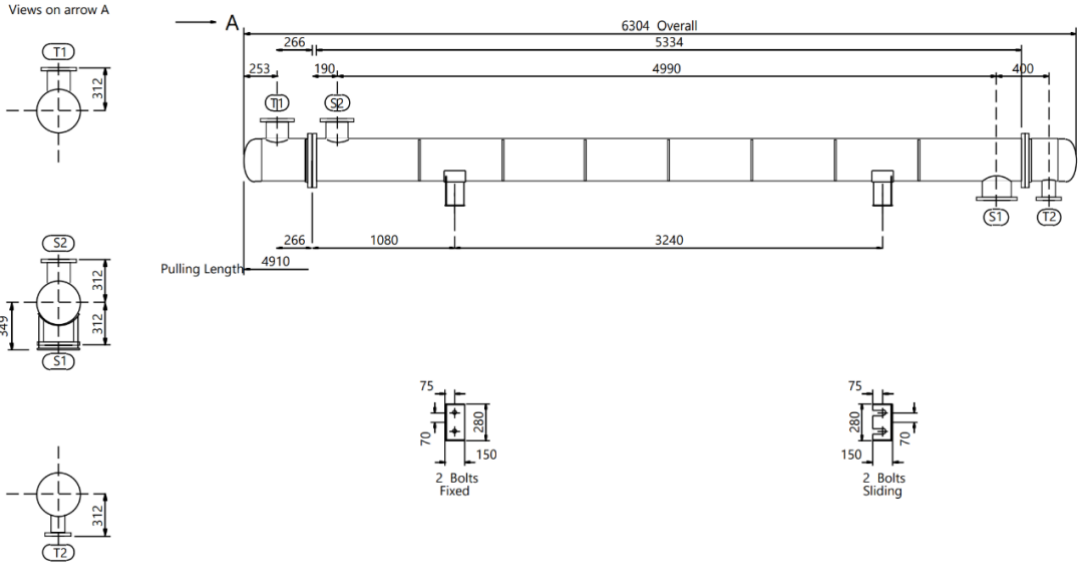
	Full 1 de 1	FULL D'ESPECIFICACIONS: Tanc Flash		
	Ítem	T-303	Localització	El Prat de Llobregat
	Àrea	A-300	Data	13/05/2024
	Planta	UREKA	Revisió	10/06/2024
DADES GENERALS				
Denominació	Columna de destil·lació flash			
Finalitat	Separar la urea de l'aigua, carbamat i biuret			
Substàncies manipulades	Urea, aigua, carbamat i biuret			
Substància d'interès	Urea			
DADES D'OPERACIÓ				
	Entrada	Cues	Caps	
Temperatura (°C)	170,5	173,1	173,1	
Pressió (bar)	5	5	5	
Cabal màssic (tones/h)	80,74	76,9	3,795	
Cabal molar (kmols/h)	2220	2019	201,1	
Densitat (kg/m3)	880,5	883	2,579	
DADES DE DISSENY				
Norma de disseny	ASME			
Model	Disseny propi			
Material	Acer Inoxidable 316 L			
Diàmetre nominal (m)	1,372			
Altura (m)	7,544			
Volum (m3)	9,497			
Gruix (mm)	6,35			
Sobreespesor per corrosió (mm)	3,175			
Densitat (kg/m3)	8027			
Tipus de capçal	Koppler			
Cost (euros)	28950			
ESBÒS				
				

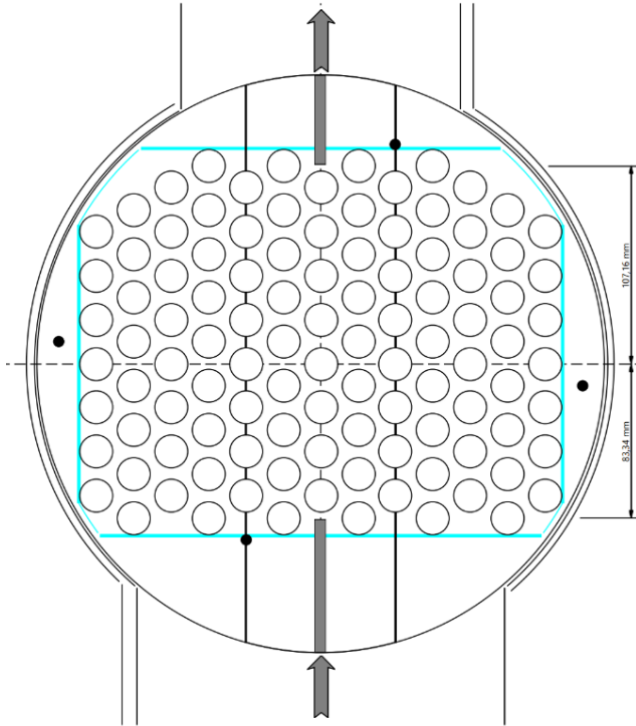
	Full 1 de 2	FULL D'ESPECIFICACIONS: Tanc flash		
	Ítem	T-301	Localització	El Prat de Llobregat
	Àrea	A-300	Data	13/05/2024
	Planta	UREKA	Revisió	10/06/2024
DADES GENERALS				
Denominació	Columna de destil·lació flash			
Finalitat	Separar l'amoníac de l'aigua			
Substàncies manipulades	Amoníac i aigua			
Substància d'interès	Amoníac			
DADES D'OPERACIÓ				
	Entrada	Cues	Caps	
Temperatura (°C)	19,89	19,89	19,89	
Pressió (bar)	8,358	8,358	8,358	
Cabal màssic (tones/h)	0,4123	0,3299	0,08238	
Cabal molar (kmols/h)	24,19	19,35	4,837	
Densitat (kg/m3)	28,17	613	5,842	
DADES DE DISSENY				
Norma de disseny	ASME			
Model	Disseny propi			
Material	Acer Inoxidable 316 L			
Diàmetre nominal (m)	0,3048			
Altura (m)	1,676			
Volum (m3)	0,1224			
Gruix (mm)	6,35			
Sobreespesor per corrosió (mm)	3,175			
Densitat (kg/m3)	8027			
Tipus de capçal				
Cost (euros)	12430			
ESBÒS				
				

	Full 1 de 2	FULL D'ESPECIFICACIONS: Tanc Flash		
	Ítem	T-302	Localització	El Prat de Llobregat
	Àrea	A-300	Data	10/06/2024
	Planta	UREKA	Revisió	10/06/2024
DADES GENERALS				
Denominació	Columna de destil·lació flash			
Finalitat	Separar l'amoníac de l'aigua			
Substàncies manipulades	Amoníac i aigua			
Substància d'interès	Amoníac			
DADES D'OPERACIÓ				
	Entrada	Cues	Caps	
Temperatura (°C)	30,89	9,734	9,734	
Pressió (bar)	10	5	5	
Cabal màssic (tones/h)	8,18	7,513	0,667	
Cabal molar (kmols/h)	475,2	436	39,2	
Densitat (kg/m3)	646,8	677,8	3,62	
DADES DE DISSENY				
Norma de disseny	ASME			
Model	Disseny propi			
Material	Acer Inoxidable 316 L			
Diàmetre nominal (m)	0,762			
Altura (m)	4,191			
Volum (m3)	1,9136			
Gruix (mm)	6,35			
Sobreespesor per corrosió (mm)	3,175			
Densitat (kg/m3)	8027			
Tipus de capçal	Koppler			
Cost (euros)	20400			
ESBÒS				
				

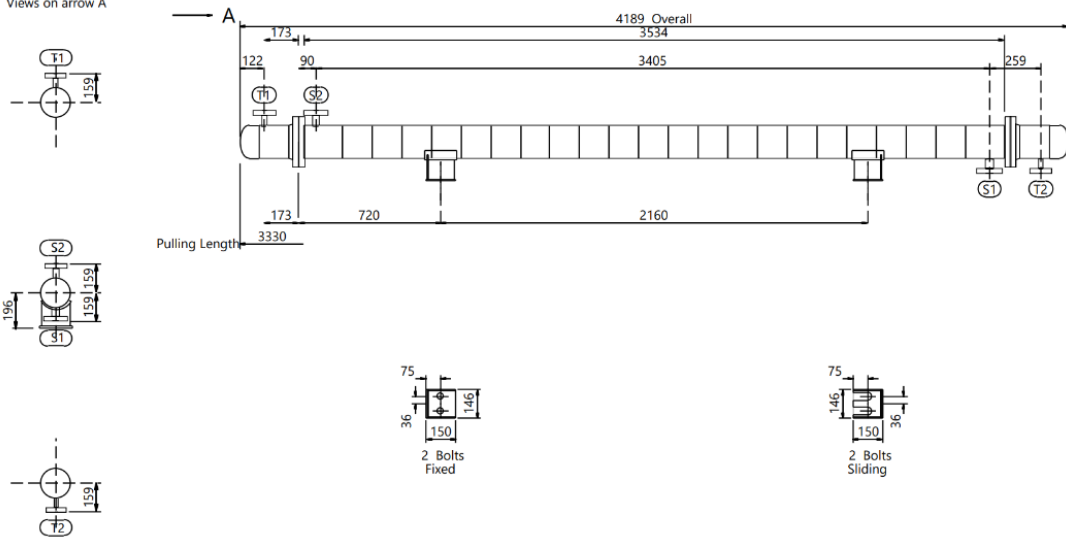
2.5.9 Condensadors

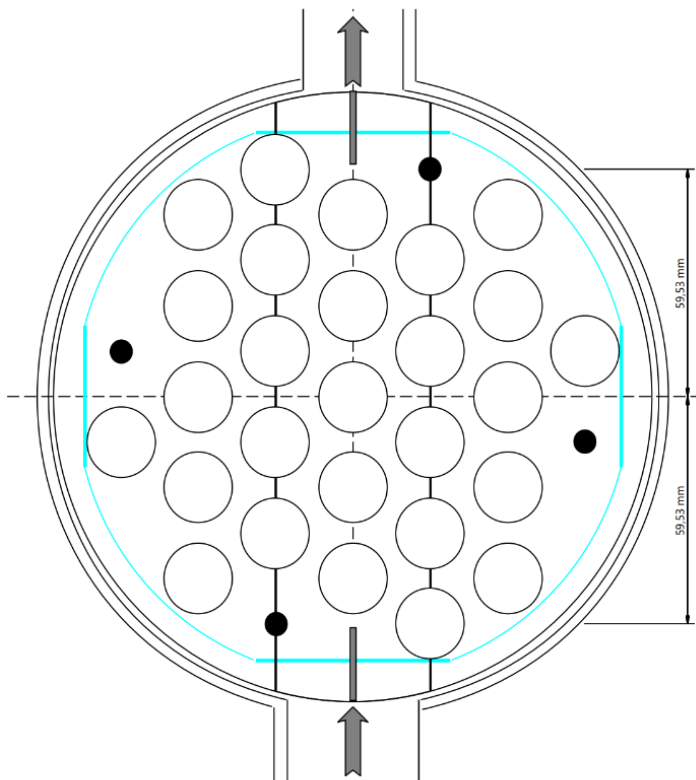
	Full 1 de 3	FULL D'ESPECIFICACIONS: Condensador		
	Ítem	C-302	Localització	El Prat de Llobregat
	Àrea	A-300	Data	10/06/2024
	Planta	UREKA	Revisió	10/06/2024
DADES GENERALS				
Denominació	Bescanviador de calor equip 20			
Finalitat	Condensar el que entra al bescanviador			
Substàncies manipulades	Amoníac, aigua, carbamat, biuret i urea			
Substància d'interès	Totes			
DADES D'OPERACIÓ				
	Carcassa		Tubs	
	Entrada	Sortida	Entrada	Sortida
Fluid circulant	Aigua		Solució	
Cabal total (kg/s)	28,7527		2,3477	
Cabal vapor (kg/s)	0	0	0	0
Cabal líquid (kg/s)	28,7527	28,7527	2,3477	2,3477
Temperatura operació (°C)	-30	-5	132,6	30,29
Pressió (bar)	5	4,71609	10	9,88564
Velocitat (mínima/max) (m/s)	0,41/1,94		6,51/24,19	
Densitat (vapor/líquid) (kg/m3)	/779,6	/768,13	5,3/	7,25/531,17
Calor específic (Kj/kg·K)	/4,497	/4,393	2,315/	2,288/4,535
Conductivitat tèrmica (W/m·K)	/5,1186	/4,7217	0,0402/	0,0276/1,988
Calor intercanviada (Kw)	3193			
Factor embrutiment (m2·K/W)	0,0002		0,00013	
DADES DE DISSENY				
	Carcassa		Tubs	
Pressió de disseny (bar)	6		11	
Temperatura disseny (°C)	35		170	
Passos per carcassa	1		1	
Corrosió admesa (mm)	0		1,59	
Connexions entrada (mm)	203,2		152,4	
Connexions sortida (mm)	152,4		8,9	
Material	SS 316-L			
Norma disseny	ASME Code Sec VIII Div 1		Classe	B-serveis químics

	Full 2 de 3		FULL D'ESPECIFICACIONS: Condensador		
	Ítem	C-302	Localització	El Prat de Llobregat	
	Àrea	A-300	Data	10/06/2024	
	Planta	UREKA	Revisió	10/06/2024	
Dades disseny tubs					
Nombre tubs:	106	OD (mm):	19,05	Longitud: (mm)	5400
Tipus de tub:	Plà	Pitch:	Triangular	Distància pitch (mm)	23,81
Patró de tubs:	30		Passos tub		1
Dades disseny carcassa					
Nombre baffles	7		Cut (%d)		36,94
Espaiat buffles (mm)	630		Tipus		Segmentat únic
ID (mm)	777,48		OD (mm)		777,48
ESBÒS					
Views on arrow A 					

UREKA	Full 3 de 3	FULL D'ESPECIFICACIONS: Condensador		
	Ítem	C-302	Localització	El Prat de Llobregat
	Àrea	A-300	Data	10/06/2024
	Planta	UREKA	Revisió	10/06/2024
ESBÒS				
				

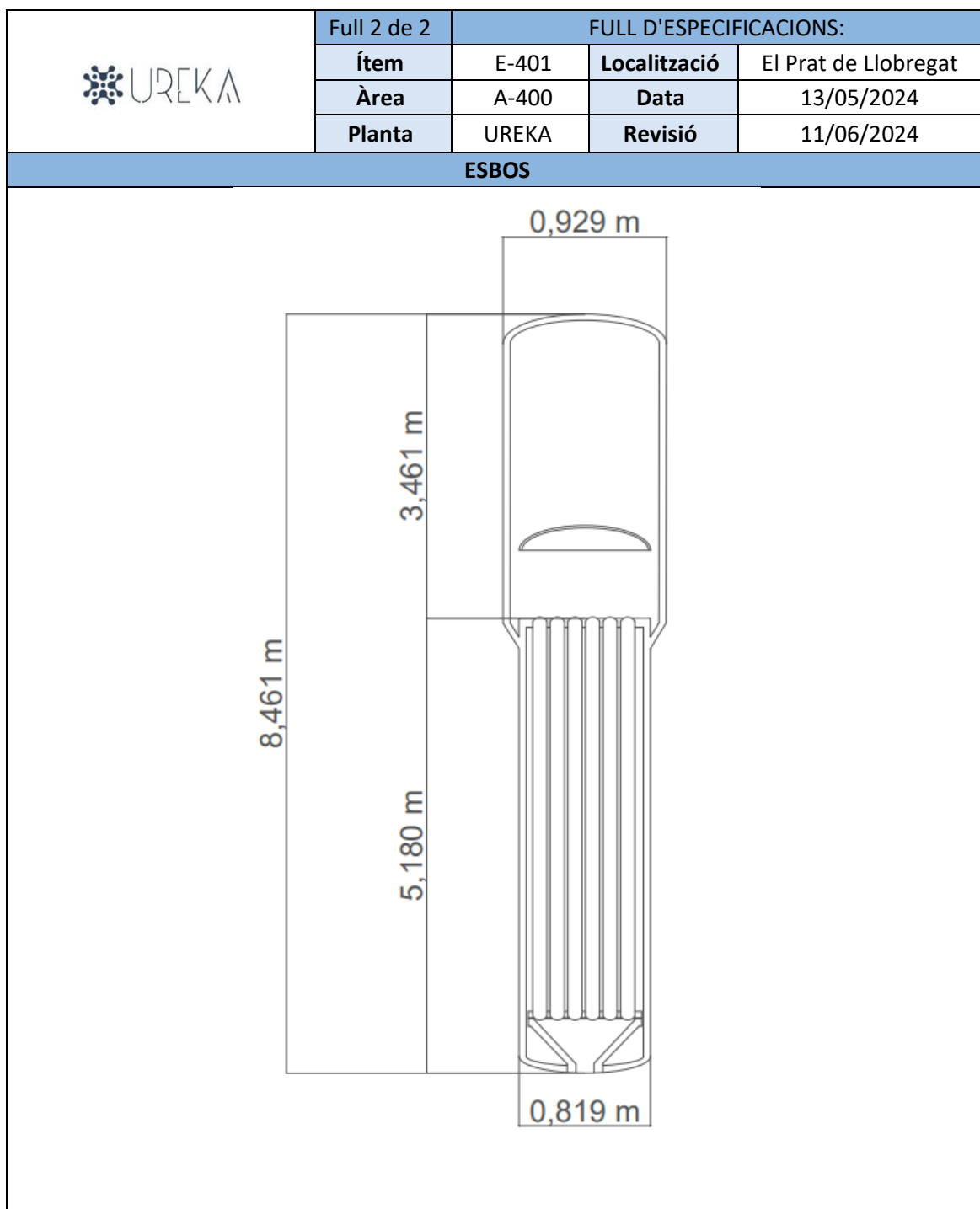
	Full 1 de 2	FULL D'ESPECIFICACIONS: Condensador		
	Ítem	C-301	Localització	El Prat de Llobregat
	Àrea	A-300	Data	10/06/2024
	Planta	UREKA	Revisió	10/06/2024
DADES GENERALS				
Denominació	Condensador			
Finalitat	Condensar el que entra al bescanviador			
Substàncies manipulades	Carbamat i aigua			
Substància d'interès	Carbamat i aigua			
DADES D'OPERACIÓ				
	Carcassa		Tubs	
	Entrada	Sortida	Entrada	Sortida
Fluid circulant	Aigua		Solució	
Cabal total (kg/s)	1,1815		0,1542	
Cabal vapor (kg/s)	1,1815	1,1815	0,1542	0
Cabal líquid (kg/s)	0	0	0	0,1542
Temperatura operació (°C)	-30	-5	130	-29,01
Pressió (bar)	5	4,94246	50	49,97524
Velocitat (mínima/max) (m/s)	0,18/0,22		0,36/0,68	
Densitat (vapor/líquid) (kg/m3)	/779,6	/768,13	48,67/	/796,54
Calor específic (Kj/kg·K)	/4,497	/4,393	1,759/	/2,743
Conductivitat tèrmica (W/m·K)	/5,1186	/4,7217	0,0368/	/1,7383
Calor intercanviada (Kw)	131,2			
Factor embrutiment (m2·K/W)	0,0002		0,00013	
DADES DE DISSENY				
	Carcassa		Tubs	
Pressió de disseny (bar)	6		55	
Temperatura disseny (°C)	35		165	
Passos per carcassa	1		1	
Corrosió admesa (mm)	0		1,59	
Connexions entrada (mm)	31,75		19,05	
Connexions sortida (mm)	25,4		12,7	
Material	SS 316-L			
Norma disseny	ASME Code Sec VIII Div 1		Classe	B-serveis químics

	Full 2 de 2		FULL D'ESPECIFICACIONS: Condensador		
	Ítem	C-301	Localització	El Prat de Llobregat	
	Àrea	A-300	Data	10/06/2024	
	Planta	UREKA	Revisió	10/06/2024	
Dades disseny tubs					
Nombre tubs:	27	OD (mm):	19,05	Longitud: (mm)	3600
Tipus de tub:	Pla	Pitch:	Triangular	Distància pitch (mm)	23,81
Patró de tubs:	30		Passos tub		1
Dades disseny carcassa					
Nombre baffles	22		Cut (%d)		37,33
Espaiat buffles (mm)	150		Tipus		Segmentat únic
ID (mm)	192,48		OD(mm)		192,48
ESBÒS					
Views on arrow A 					

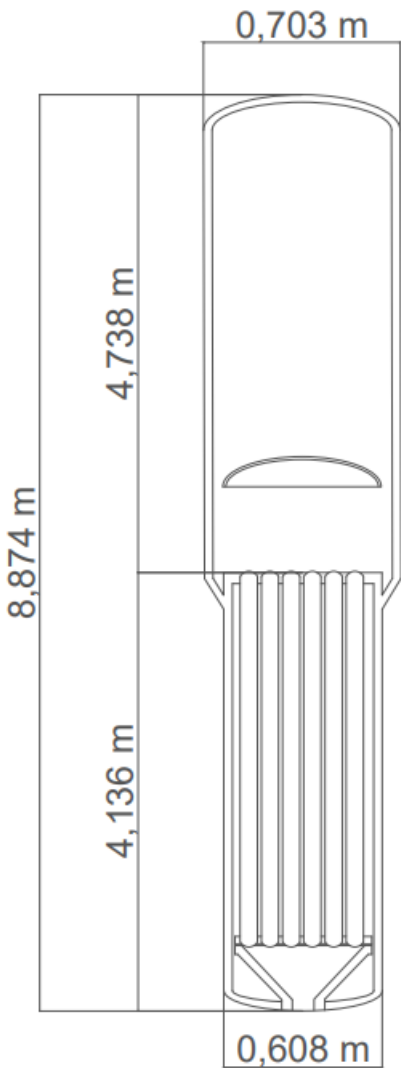
	Full 2 de 2	FULL D'ESPECIFICACIONS: Condensador		
	Ítem	C-301	Localització	El Prat de Llobregat
	Àrea	A-300	Data	10/06/2024
	Planta	UREKA	Revisió	10/06/2024
ESBÒS				
				

2.5.10 Pre-evaporador i Evaporador

	Full 1 de 2	FULL D'ESPECIFICACIONS:		
	Ítem	E-401	Localització	El Prat de Llobregat
	Àrea	A -400	Data	13/05/2024
	Planta	UREKA	Revisió	11/05/2024
DADES GENERALS				
Denominació	Pre-Evaporador			
Finalitat	Concentrar la Urea			
Substàncies manipulades	Urea, Aigua, Amoniac			
Substància d'interès	Urea			
DADES D'OPERACIÓ				
	Entrada		Sortida	
			Gas	Líquid
Cabal màssic (Tn/h)	83,39		8,509	6,624
Cabal molar (Kmol/h)	2373		452,8	1921
Pressió (Bar)	10,62		6,62	6,62
Temperatura (°C)	175		175	175
DADES DE DISSENY				
Material	AISI 316			
Normativa	ASME			
Sobredimensionament (%)	20			
Orientació	Vertical			
Pes total pre-evaporador	4,87			
Alçada (m)	8,6			
Diàmetre virola separació (m)	1,39			
Volum virola separació (m³)	5,25			
	CARCASSA		TUBS	
Pressió de disseny (bar)	44		12,68	
Passos per carcassa	1		8	
Espessor (mm)	21,71		0,18	
Diàmetre intern (mm)	0,88		12,7	
Diàmetre extern (mm)	0,93		15,18	
Longitud (m)	-		5	
Número de tubs	-		1568	
Volum intern (m³)	8,52			
Volum extern (m³)	8,98			
Pitch (m)	0,0189			
Espai entre pantalles (m)	0,35			
Número de pantalles	13			
Fons	Koppler			
Capçal	Koppler			



	Full 2 de 2	FULL D'ESPECIFICACIONS: Evaporador		
	Ítem	E-402	Localització	El Prat de Llobregat
	Àrea	A-400	Data	13/05/2024
	Planta	UREKA	Revisió	11/06/2024
DADES GENERALS				
Denominació	Evaporador			
Finalitat	Concentrar la Urea			
Substàncies manipulades	Urea, Aigua, Amoniac			
Substància d'interès	Urea			
DADES D'OPERACIÓ				
	Entrada		Sortida	
			Gas	Líquid
Cabal màssic (Tn/h)	74,88		7,337	67,54
Cabal molar (Kmol/h)	1921		375,7	1545
Pressió (Bar)	10		3,624	3,362
Temperatura (°C)	140		169,8	169,8
DADES DE DISSENY				
Material	AISI 316			
Normativa	ASME			
Sobredimensionament (%)	20			
Orientació	Vertical			
Pes total evaporador	2,79			
Alçada (m)	8,8			
Diàmetre virola separació (m)	1,38			
Volum virola separació (m³)	6,78			
	CARCASSA		TUBS	
Pressió de disseny (bar)	44		8,68	
Passos per carcassa	1		6	
Espessor (mm)	16,41		0,06	
Diàmetre intern (mm)	669		12,7	
Diàmetre extern(mm)	702		15,8	
Longitud (m)	-		4	
Número de tubs	-		751	
Volum intern (m³)	8,38			
Volum extern (m³)	8,63			
Pitch (m)	0,0189			
Espai entre pantalles (m)	0,26			
Número de pantalles	14			
Fons	Koppler			
Capçal	Koppler			

	Full 2 de 2	FULL D'ESPECIFICACIONS: Evaporador		
	Ítem	E-402	Localització	El Prat de Llobregat
	Àrea	A-400	Data	13/05/2024
	Planta	UREKA	Revisió	11/06/2024
ESBOS				
				

2.5.11 Elevador de galledes

	Full 1 de 1	FULL D'ESPECIFICACIONS: Elevador de galledes		
	Ítem	EL-601	Localització	El Prat de Llobregat
	Àrea	A-600	Data	15/04/2024
	Planta	UREKA	Revisió	11/06/2024
DADES GENERALS				
Denominació	Elevador de galledes			
Finalitat	Elevar la urea			
Substàncies manipulades	Urea			
DADES DE DISSENY				
Material	AISI 316L			
Tipus	SK60			
Capacitat (tn/h)	60			
Galledes (pc)/m	6,3			
D sortida	250			
Correa (mm)	200			
Extensions (m)	2-1-0,5-0,25			
IMATGE				
				

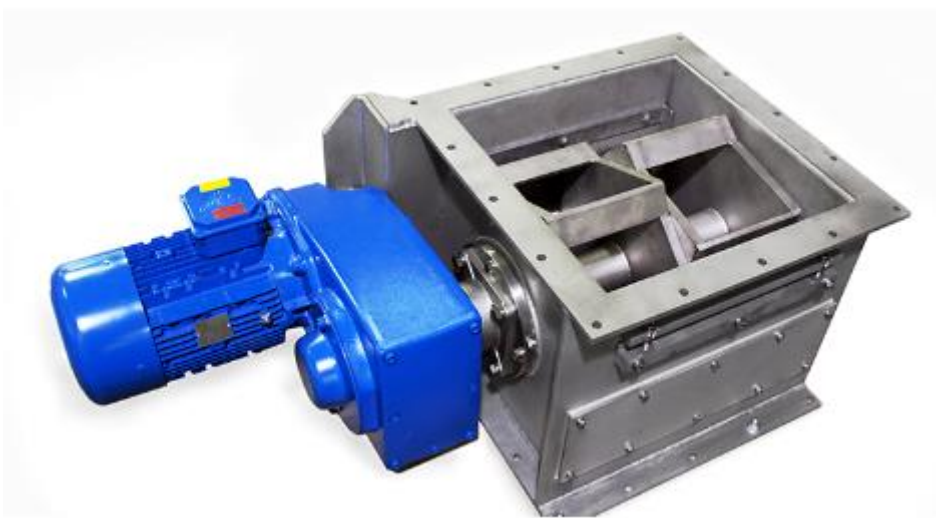
2.5.12 Pantalles vibratòres

	Full 1 de 1	FULL D'ESPECIFICACIONS: Pantalles vibratòries		
	Ítem	VS-601	Localització	El Prat de Llobregat
	Àrea	A-600	Data	15/04/2024
	Planta	UREKA	Revisió	11/06/2024
DADES GENERALS				
Denominació	Pantalles vibratòries			
Finalitat	Separar segons mida de granuls			
Substàncies manipulades	Urea			
DADES DE DISSENY				
Material	AISI 316L			
Tipus	FTI-040			
Capacitat (Kg/h)	25.500			
CARACTERÍSTIQUES TÈCNIQUES				
Tensió (V)	400/460			
Freqüència (Hz)	50/60			
r.p.m.	1500			
Intensitat (A)	0,6			
Potència (kW)	0,3			
Pes (Kg)	70			
IMATGE				
				

2.5.13 Cooler

	Full 1 de 1	FULL D'ESPECIFICACIONS: Cooler		
	Ítem	F-601	Localització	El Prat de Llobregat
	Àrea	A-600	Data	15/05/2024
	Planta	UREKA	Revisió	11/06/2024
DADES GENERALS				
Denominació	Cooler			
Finalitat	Refredar la urea			
Substàncies manipulades	Urea			
DADES DE DISSENY				
Material	AISI 316L			
Model	ATEX			
CARACTERÍSTIQUES TÈCNIQUES				
Amplada de placa (mm)	450 fins a 2.500			
Longitud de plana (mm)	estàndard 14.000			
Superfície de la placa (m2)	Fins a 60			
IMATGE				
				

2.5.14 Trituradora

	Full 1 de 1	FULL D'ESPECIFICACIONS: Trituradora		
	Ítem	CR-601	Localització	El Prat de Llobregat
	Àrea	A-600	Data	14/05/2024
	Planta	UREKA	Revisió	11/06/2024
DADES GENERALS				
Denominació	Trituradora			
Finalitat	Triturar els grànuls d'urea			
Substàncies manipulades	Urea			
DADES DE DISSENY				
Material	AISI 316L			
CARACTERÍSTIQUES TÈCNIQUES				
Contingut en humitat màxim (%)	5			
Capacitat (m3/h)	100			
Màxima mida d'introducció (mm)	200			
Mínima mida de sortida (mm)	3			
Màxima temperatura d'operació (°C)	400			
IMATGE				
				

2.6 Bibliografia

1. Moreno Mendoza, Leticia J. Columnas o torres de absorción. https://quimicaitatljmm.wordpress.com/wp-content/uploads/2013/11/psiii-absorcion-ago_dic-2013.pdf
2. Vasquez, N. F. (2019, 4 diciembre). 386920801 4-tema-produccion-de-urea [Diapositivas]. SlideShare. <https://es.slideshare.net/neydafloresvasquez/386920801-4temaproducciondeurea>
3. *Fluid bed granulators - Applied Chemical Technology*. (2021, 9 abril). Applied Chemical Technology. <https://appliedchemical.com/equipment/fluid-bed-systems/fluid-beds-by-application/fluid-bed-granulators/>
4. *Fluidized Bed Cooler » JÖST GmbH + Co. KG*. (2022, 18 mayo). JÖST GmbH + Co. KG. <https://www.joest.com/en/products/cooling/fluidized-bed-cooler/>
5. Kalsystem Kft. (2020, 25 mayo). Bucket elevators - Kal-System Kft. Kal-System Kft. <https://www.kalsystem.hu/bucket-elevators/?lang=en>
6. Fabio. (2024, 11 marzo). Tamizadora circular ZEUS - filtra vibración. Filtra Vibración. <https://filtra.com/tamizadora-circular-vibratoria-zeus/>
7. Andraschko, B. (2023, 14 febrero). *Lump breaker*. Telschig GmbH. https://www.telschig.com/products/shredding/?lang=en&gad_source=1&gclid=CjwKC-AjwjeuyBhBuEiwAJ3vuoYv_kNmPJ13mEWeaAApbFISxMzJuGoOeBy1A4uDtVs4M5L2J-Q4egRoC7_4QAvD_BwE
8. Caloryfrio, I. A. (2018, 17 agosto). ¿Qué es una torre de refrigeración o enfriamiento? Funcionamiento y seguridad. caloryfrio.com. <https://www.caloryfrio.com/refrigeracion-frio/que-es-torre-de-refrigeracion-enfriamiento-funcionamiento-seguridad.html#funcionamiento>
9. Seguas. (2022, 4 abril). Torres de refrigeración: refrigeración industrial eficiente. *Seguas Aire Comprimido I Frio Industrial*. <https://www.seguas.com/torres-refrigeracion-refrigeracion-industrial-eficiente/>
10. EquipoMarketing. (2024, 4 enero). Calderas industriales: qué son y su uso - Blog SYPYSA. SYPYSA. <https://sypysa.com/blog/guia-basica-sobre-calderas-industriales/>