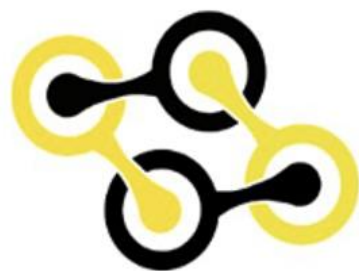




PLANTA DE
PRODUCCIÓ
D'ÀCID OXÀLIC
DIHIDRAT

Treball Final
de Grau



OxBee

Grau en
Enginyeria Química

Cerdanyola del Vallès, juny 2021
Any acadèmic 2020 - 2021

Tutor: Rafael Bosch

Maria del Mar Agelet Aumedes
Núria Belahnech Pujol
Jordi Duran Macias
Miquel Portet Bové
Judith Sabata Mas
Jaume Teixidó Zabay



PLANTA DE
PRODUCCIÓ
D'ÀCID OXÀLIC
DIHIDRAT

Treball Final
de Grau

CAPÍTOL I
ESPECIFICACIONS
DEL PROJECTE



OxBee

Grau en
Enginyeria Química

Cerdanyola del Vallès, juny 2021
Any acadèmic 2020 - 2021

Índex

1. Definició del projecte.....	1
1.1. Bases del projecte	1
1.2. Abast del projecte	2
1.3. Localització de la planta	2
1.3.1. Paràmetres d'edificació i pla de parcel·la	3
1.3.2. Avaluació de les comunicacions i l'accessibilitat de la planta.....	4
1.3.3. Característiques de la zona.....	6
1.4. Abreviacions i nomenclatura.....	13
2. Propietats fisicoquímiques dels compostos utilitzats	14
2.1. Matèries primeres.....	14
2.1.1. Etilenglicol	14
2.1.2. Oxigen	15
2.1.3. Àcid nítric	16
2.2. Producte: Àcid oxàlic	17
2.3. Altres compostos.....	19
2.3.1. Àcid sulfúric.....	19
3. Descripció del procés de fabricació.....	21
3.1. Diagrama de blocs.....	21
3.2. Diagrama de procés.....	22
3.2.1. Adequació dels reactius	34
3.2.2. Reacció.....	34
3.2.3. Evaporació	34
3.2.4. Cristal·lització	35
3.2.5. Centrifugació i assecament del producte	35
3.2.6. EDAR i tractament de gasos	36
4. Balanços.....	37
4.1. Balanços d'energia	37
5. Constitució de la planta	41
5.1. Distribució d'àrees.....	41
5.2. Descripció de les àrees.....	44
5.3. Planificació temporal	47
5.4. Personal de plantilla	51
6. Especificacions dels serveis de planta	59

6.1. Fluids.....	59
6.1.1. Aigua de xarxa	59
6.1.2. Aigua contra incendis	59
6.1.3. Fluids de refrigeració.....	60
6.1.4. Oxigen	60
6.1.5. Aire.....	60
6.1.6. Aire comprimit	60
6.2. Energia	61
6.2.1. Electricitat.....	61
6.2.2. Gas natural	61
7. Bibliografia	63

1. Definició del projecte

En aquest capítol es presenten les especificacions del projecte de disseny de la planta industrial OxBee, la qual estarà ubicada al polígon industrial "Gasos Nobles" a Tàrrrega a la província de Lleida. El nom de l'empresa OxBee prové de l'aplicació que té aquest producte en el món de les abelles.

En aquest capítol es definiran diverses característiques de la planta com el seu funcionament, els compostos amb els quals es treballa i les seves respectives propietats, la descripció del procés de fabricació i de totes les àrees que el componen, els serveis de la planta, el balanç energètic i la programació temporal de la planta.

1.1. Bases del projecte

L'objectiu d'aquest projecte és el disseny d'una planta industrial per a la producció d'àcid oxàlic dihidrat. La planta serà dissenyada per tal de fer viable la producció en continu de l'àcid oxàlic a partir de la reacció entre etilenglicol i oxigen, en presència d'àcids.

Les especificacions que s'han de complir són les següents:

- Capacitat de producció: 32.000 t/any d'àcid oxàlic dihidrat.
- Funcionament: 320 dies/any de producció. Durant l'any es disposa de 45 dies per realitzar parades en planta.
- Presentació del producte: sòlid en *big bags* de 1000 kg.

L'empresa OxBee respecta les *Normes de Correcta Fabricació* que estan referides a la fabricació de material de partida a partir de qualsevol tipus de síntesi química. D'aquesta manera, tot el projecte ha estat dissenyat d'acord amb el compliment d'una sèrie de normatives vigents en els àmbits mediambientals, urbanístics, de seguretat i higiene i protecció contra incendis.

1.2. Abast del projecte

L'objectiu del projecte és dissenyar des de zero una planta que compleixi tots els requisits preestablerts per a produir àcid oxàlic dihidrat, per la qual cosa el seu abast inclou els punts desenvolupats a continuació:

- Dissenyar i especificar tots els equips necessaris en el procés de producció d'àcid oxàlic.
- Dissenyar i especificar les àrees d'emmagatzematge de producte final, així com les àrees de càrrega i descàrrega.
- Dissenyar i especificar les àrees de servei.
- Dissenyar els sistemes de control.
- Dissenyar els sistemes de seguretat i higiene.
- Dissenyar les àrees de les oficines, laboratoris, vestuaris i zona d'aparcament.
- Analitzar l'impacte mediambiental i identificar com fer el tractament dels possibles residus, siguin sòlids, líquids o gasos.
- Realitzar l'avaluació econòmica i estudiar la viabilitat de la planta.
- Elaborar un pla de posada en marxa.
- Trobar possibles millores i ampliacions de la planta.

1.3. Localització de la planta

La planta de producció d'àcid oxàlic s'instal·larà en uns terrenys del polígon industrial fictici anomenat *Gasos Nobles*, ubicat en el terme municipal de Tàrraga. Aquest municipi té una població de 17.445 habitants, una superfície de 88,4 km² i és la capital de la comarca de l'Urgell, formant part de la demarcació de Lleida dins la comunitat autònoma de Catalunya.

És una bona localització perquè a més de la seva proximitat amb Lleida i Barcelona, es pot garantir el compliment de totes les especificacions del projecte i compleix tota la normativa urbanística vigent del Polígon Industrial *Gasos Nobles*, en referència a retranques a vials i veïns, alçada d'edificis, ocupació de parcel·la i edificabilitat. ^[4]

A la següent figura es mostra la ubicació de Tàrraga en el mapa de Catalunya:

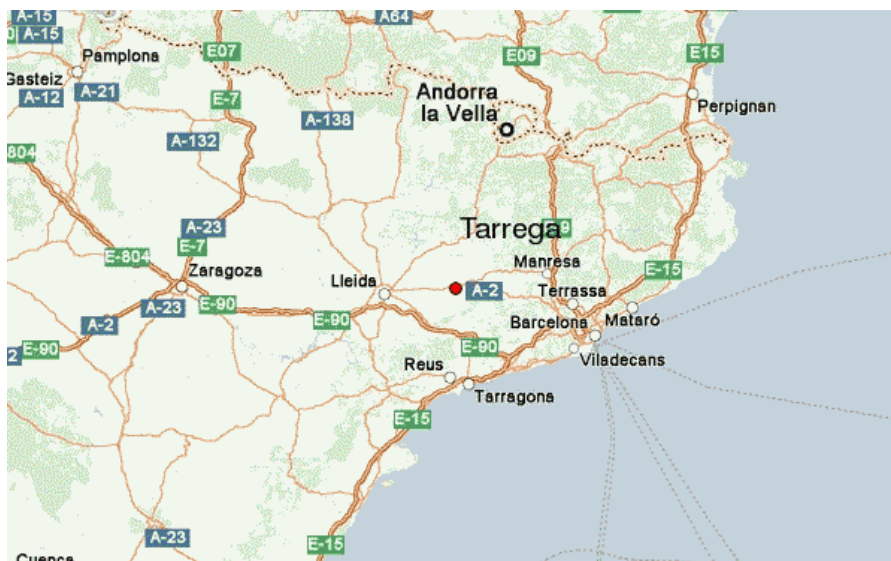


Figura 1: Ubicació de Tàrraga.

1.3.1. Paràmetres d'edificació i pla de parcel·la

El projecte es basarà i edificarà en una parcel·la amb una superfície total de 53.235m². En la taula següent s'observen tots els paràmetres requerits d'edificació pel projecte:

Taula 1: Paràmetres d'edificació de la planta.

Edificabilitat	1,5 (m ² sostre)/(m ² sòl)
Ocupació màxima de la parcel·la	75%
Ocupació mínima de la parcel·la	20% superfície d'ocupació màxima
Retranques	5 m a vials i veïns
Altura màxima	16 m i 3 plantes excepte en producció justificant la necessitat pel procés
Altura mínima	4 m i 1 planta
Distància entre edificis	1/3 de l'edifici més alt amb un mínim de 5m
Aparcaments	1 plaça/150 m ² construïts

Els diferents serveis dels quals disposa el terreny es mostren a la Taula 2:

Taula 2: Serveis de la planta.

Energia elèctrica	Connexió des de la línia de 20 kV a peu de parcel·la
Gas natural	Connexió a peu de parcel·la a mitja pressió (1,5 kg/cm ²)
Clavegueram	Xarxa unitària al centre del carrer a una profunditat de 3,5 m
Aigua d'incendis	La màxima pressió es de 4 kg/cm ² , cal dissenyar una estació de bombament i reserva d'aigua
Aigua de xarxa	Escomesa a peu de parcel·la a 4 kg/cm ² amb un diàmetre de 200 mm
Terreny	Resistència del terreny de 2 kg/cm ² a 1,5 m de profunditat sobre graves

1.3.2. Avaluació de les comunicacions i l'accessibilitat de la planta

Aquest apartat és molt important perquè segons l'estudi que s'ha fet es pot escollir el desplaçament que més convingui per tal de dur a terme un transport òptim tant de les matèries primeres que s'utilitzaran com de la distribució del producte final obtingut. Per això s'ha de tenir molt en compte la localització de la planta atès que segons aquesta hi pot haver despeses addicionals. A més, si la planta no es troba en una zona amb una bona comunicació i accessibilitat, podria fer que el projecte no fos viable econòmicament.

Pel que fa a Tàrraga, la seva ubicació geogràfica amb les vies de comunicació que hi conflueixen han possibilitat que la ciutat sigui un dels nuclis comercials de referència de la plana de Lleida. És per això que es pot considerar que Tàrraga té una bona posició al mapa, ja que té una bona comunicació i accés per carretera però també per aire i mar. Cal recordar que es troba situat dins la comunitat autònoma de Catalunya, aquesta és considerada una gran potència en l'àmbit industrial, i a prop de Barcelona, ciutat amb gran rellevància a nivell europeu. ^[1]

- **Transport terrestre**

Per Tàrrrega passa l'autovia A-2, una de les sis autovies radials d'Espanya que comunica Madrid amb Barcelona passant per Guadalajara, Saragossa i Lleida. Aquesta via canalitza en gran mesura el trànsit procedent dels punts d'Europa que se situen a l'est dels Pirineus i que s'adreça principalment al centre de la península Ibèrica incloent també Portugal. Mentre que l'autovia del nord és el millor accés a la península Ibèrica des de l'oest del Pirineu.

A més de la seva importància com a via d'entrada a la península des de la resta d'Europa, aquesta via també té un protagonisme vital entre les carreteres espanyoles donat que és la comunicació entre les dues principals ciutats de país: Madrid i Barcelona.

Per carretera té una comunicació directa per tota Catalunya, amb Barcelona i Tarragona que són ciutats importants dins de la indústria espanyola.

L'accés ferroviari és relativament reduït, ja que aquest tipus de connexió només té lloc a les capitals, és a dir, Tarragona, Lleida, Barcelona i Girona. D'altra banda, hi ha xarxes ferroviàries internes que permeten el transport de matèries, però que no es tenen en consideració per la planta d'OxBee, ja que no podrien suportar la càrrega de treball de la planta. Tot i que s'ha estudiat el transport ferroviari usant xarxes públiques, també hi ha el transport privat, aquest és més car, encara que en el cas d'imprevistos o alguna urgència, es podrà tenir en compte.^[1]



Figura 2: Xarxa ferroviària d'Espanya.

- **Transport marítim**

Aquest no és el transport més viable, ja que Tàrrrega es troba a la zona interior catalana. De totes maneres, pot arribar a tenir una bona comunicació amb el port de Barcelona que té una molt bona fama industrial en el continent europeu, i amb el port de Tarragona que és un dels cinc ports més importants d'Espanya i un dels principals d'Europa. També cal destacar que és el port químic de referència del sud d'Europa. Anualment es mouen més de 32 milions de tones on aproximadament el 6,8% del total de les mercaderies que es transporten corresponen a productes químics de diferents països.

- **Transport aeri**

El transport aeri és una altra via per connectar de manera internacional, sigui pel transport de mercaderies o per l'arribada d'un passatger.

L'aeroport més proper és l'aeroport de Lleida-Alguaire, tot i que aquest aeroport no és un dels més utilitzats pel transport de mercaderies, ens ajudarà a tenir contacte amb la resta del món i poder comptar amb els millors especialistes del sector. Una altra opció seria l'aeroport de Barcelona - el Prat, que es tracta de l'aeroport més gran a Catalunya, i un dels més importants a l'hora de transportar passatgers i mercaderies a Europa. L'aeroport de Barcelona es troba aproximadament a 110 km de Tàrrrega. Aquest aeroport connecta amb els Estats Units, Colòmbia, Argentina, Brasil, Àfrica de nord, Orient Mitjà, el sud-est asiàtic i Europa. Per tant, una bona comunicació aèria és un avantatge competitiu per a l'empresa.

1.3.3. Característiques de la zona

- **Climatologia**

Com s'ha esmentat anteriorment, la planta estarà situada a Tàrrrega, en la demarcació de Lleida, dins la comunitat autònoma de Catalunya, zona de clima mediterrani, que es caracteritza per tenir uns hiverns suaus i uns estius calorosos però sense arribar a temperatures molt extremes.

- **Temperatura**

La temporada calorosa dura 3 mesos, del 13 de juny al 10 de setembre, la temperatura màxima mitjana diària és de 27 °C i la temperatura mínima mitjana de 17 °C.

La temporada freda dura uns 4 mesos, del 16 de novembre al 7 de març, i la temperatura màxima mitjana diària és menys de 15 °C. El dia més fred de l'any 2020 va ser l'11 de gener, amb una temperatura mínima mitjana de -0 °C i una màxima mitjana de 12 °C. [2]

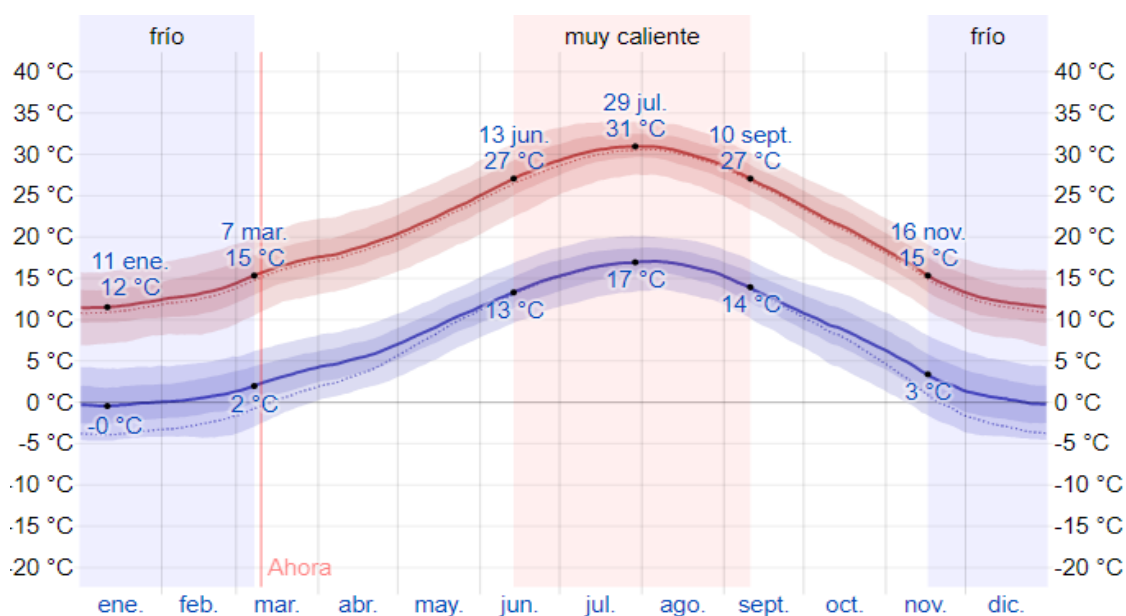


Figura 3: Mitjana de les temperatures màximes i mínimes al municipi de Tàrrrega.

- **Precipitacions**

Un dia mullat és un dia amb almenys 1 mil·límetre de líquid o precipitació equivalent a líquid. La probabilitat de dies mullats a Tàrrrega varia durant l'any. La temporada més mullada dura uns 9 mesos, del 29 d'agost al 9 de juny, amb una probabilitat de més del 13% que un dia serà un dia mullat. La probabilitat màxima d'un dia mullat és del 19% el 13 d'octubre.

La temporada més seca dura uns 3 mesos, del 9 de juny al 29 d'agost. La probabilitat mínima d'un dia mullat és del 7% el 14 de juliol. Entre els dies

mullats, es distingeix entre els que tenen només pluja, només neu o una combinació de les dues. Basant-se en aquesta categorització, el tipus més comú de precipitació durant l'any és només pluja. [2]

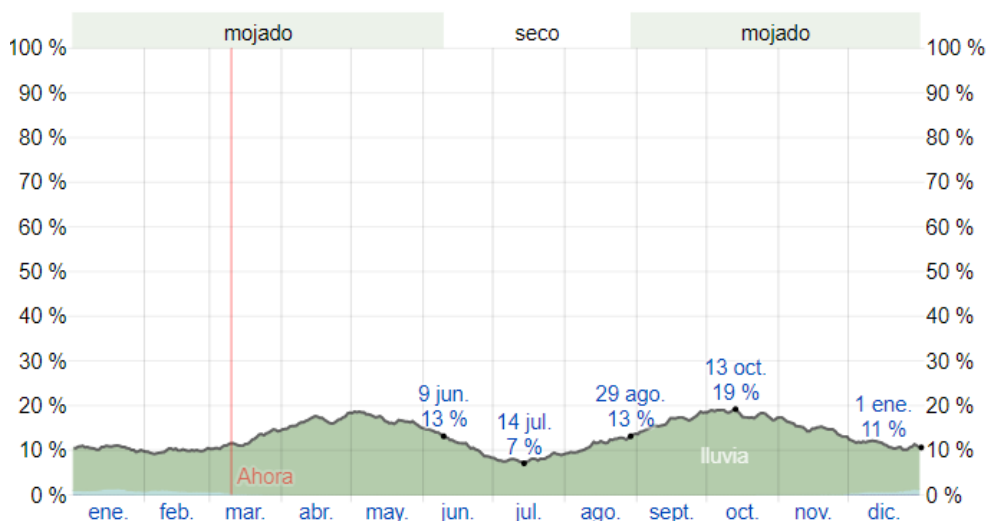


Figura 4: Probabilitat diària de precipitacions al municipi de Tàrraga.

Pel que fa a pluja, Tàrraga té una variació lleugera de pluja mensual per estació. Plou durant tot l'any a Tàrraga, encara que la majoria de la pluja cau durant els 31 dies centrats al voltant de l'11 d'octubre, amb una acumulació total mitjana de 44 mil·límetres.

- **Humitat**

Basant el nivell de comoditat de la humitat en el punt de rosada, ja que aquest determina si la suor s'evaporarà de la pell refredant així el cos. Quan els punts de rosada són més baixos se sent més sec i quan són alts se sent més humit. A diferència de la temperatura, que generalment varia considerablement entre la nit i el dia, el punt de rosada tendeix a canviar més lentament, així és que encara que la temperatura baixi a la nit, en un dia humit generalment la nit és humida.

A Tàrrrega la humitat percebuda varia lleument. El període més humit de l'any dura uns 2 mesos, del 8 de juliol al 16 de setembre, i durant aquest temps el nivell de comoditat és vergonyós, opressiu o insuportable almenys durant el 3% del temps. El dia més humit de l'any és el 16 d'agost, amb humitat del 13% del temps. El dia menys humit de l'any és el 10 de març quan bàsicament no hi ha condicions humides. [2]

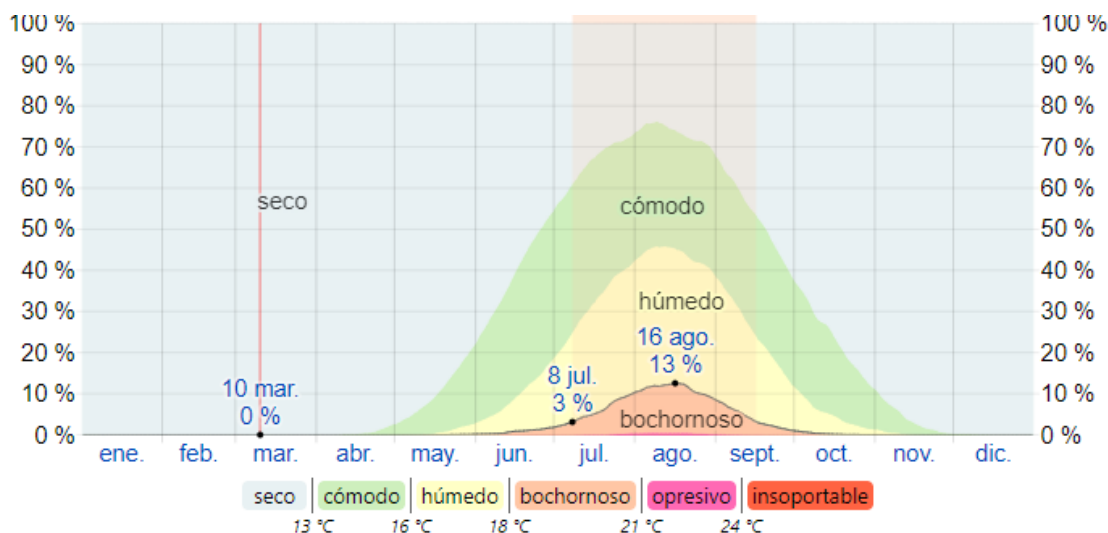


Figura 5: Nivells de comoditat de la humitat al municipi de Tàrrrega.

- Vent**

Aquesta secció tracta sobre el vector de vent mitjà per hora de l'àrea ampla (velocitat i direcció) a 10 metres sobre el sòl. El vent de certa ubicació depèn en gran manera de la topografia local i d'altres factors.

La velocitat mitjana de vent per hora a Tàrrrega té variacions estacionals lleus en el transcurs de l'any. La part més ventosa de l'any dura uns 5 mesos, del 3 de desembre al 13 de maig, amb velocitats mitjanes de vent de més d'11,8 quilòmetres per hora. El dia més ventós de l'any 2020 va ser el 6 d'abril, amb una velocitat mitjana de vent de 13,4 quilòmetres per hora. La previsió meteorològica més calmada de l'any dura uns 7 mesos, del 13 de maig al 3 de desembre. [2]

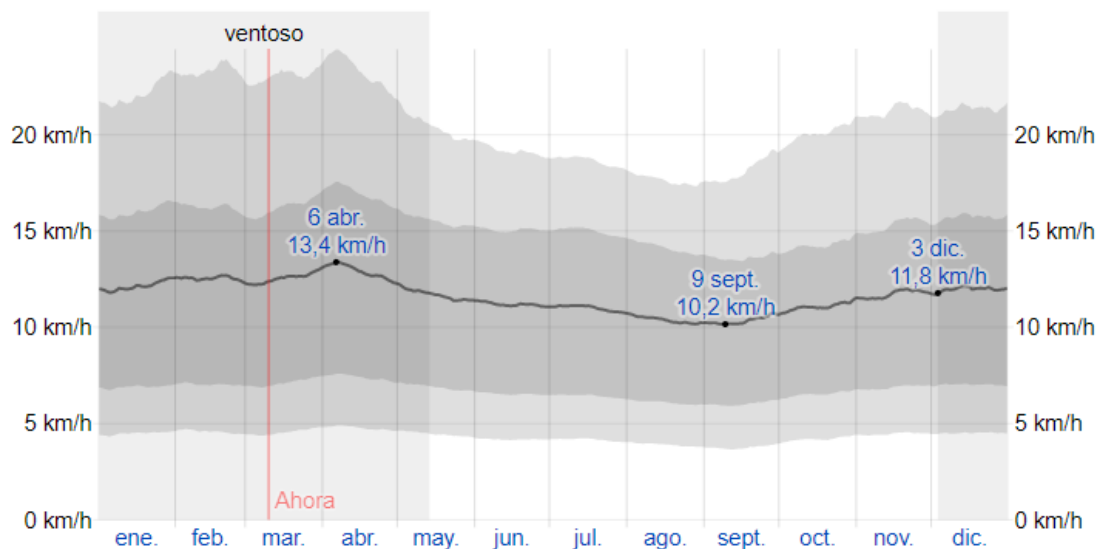


Figura 6: Velocitat mitjana del vent al municipi de Tàrrrega.

- **Topografia**

La topografia en un radi de 3 quilòmetres de Tàrrrega conté només variacions modestes d'altitud, amb un canvi màxim d'altitud de 126 metres i una altitud mitjana sobre el nivell del mar de 387 metres. En un radi de 16 quilòmetres conté solament variacions modestes d'altitud, de 594 metres. En un radi de 80 quilòmetres conté variacions molt grans d'altitud fins a 2.559 metres. L'àrea en un radi de 3 quilòmetres de Tàrrrega està coberta de terra de cultiu (88%) i superfícies artificials (12%), en un radi de 16 quilòmetres de terra de cultiu (91%) i en un radi de 80 quilòmetres de terra de cultiu (44%) i arbres (34%). [2]

- **Geologia**

La geologia de Tàrrrega està composta per materials de farcit del terciari i quaternari. Les zones de relleu (Pirineus i serralada Costanera Catalana) fan el paper d'àrea font, on els materials són erosionats, transportats i sedimentats en àrees deprimides o conques, la conca de l'Ebre en aquest cas. Al seu torn, la xarxa de drenatge actual erosiona aquests dipòsits de manera

que es produeix un encaixament dels rius i formació de terrasses fluvials donant el paisatge que tenim en l'actualitat. [2]

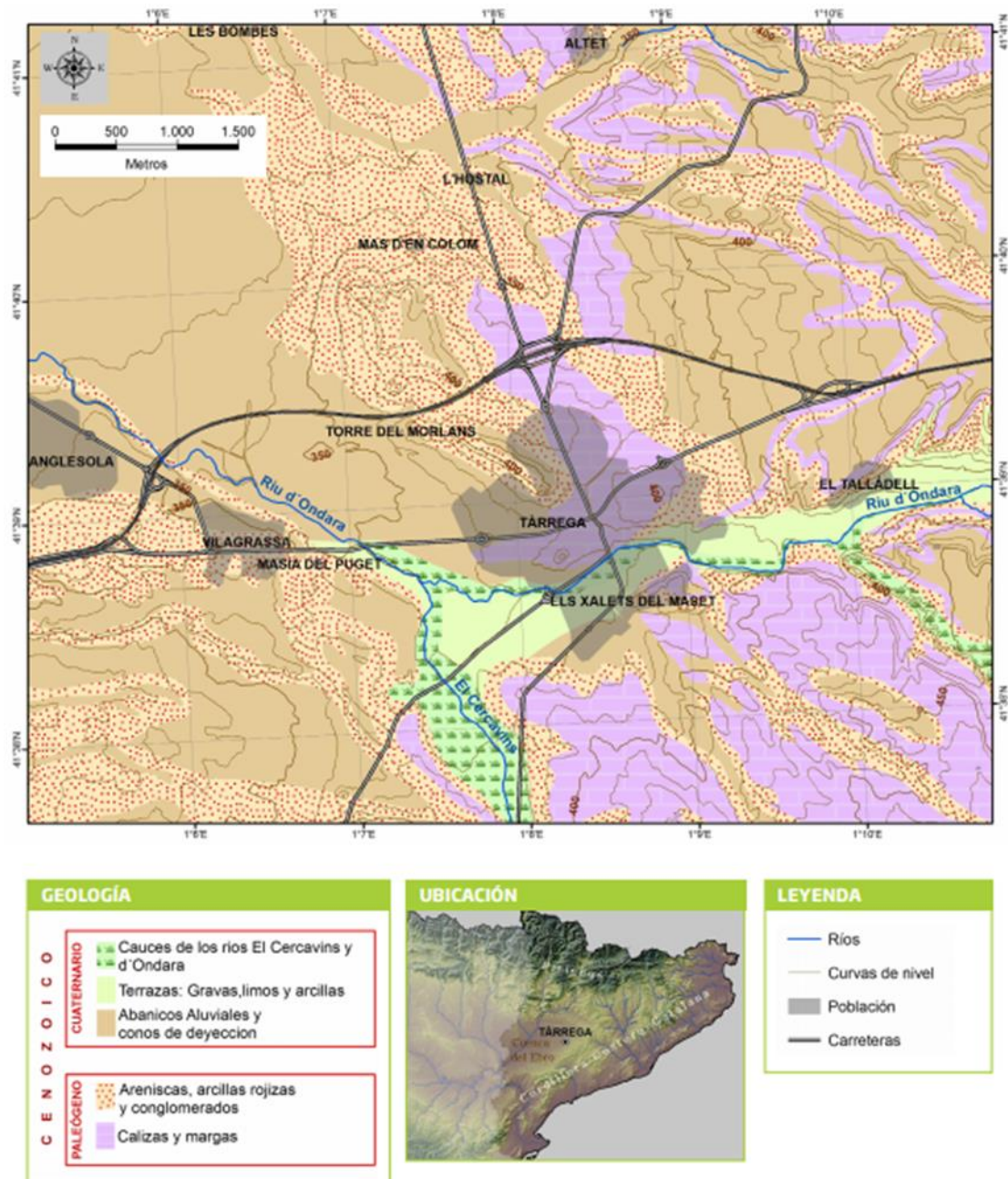


Figura 7: Mapa geològic de Tàrraga.

- **Sismologia**

La sismologia de la zona és un dels aspectes fonamentals per a l'edificació de la planta. Si bé és cert que Catalunya és una àrea amb activitat sísmica moderada, sempre hi ha la probabilitat que es donin catàstrofes d'aquest

tipus. És per això que hi ha estudis que han portat a la definició de zones sísmiques dins de la comunitat catalana, on s'ajusta cadascuna a la seva perillositat sísmica. [2]

A continuació poder observar un mapa de la sismologia a Catalunya:

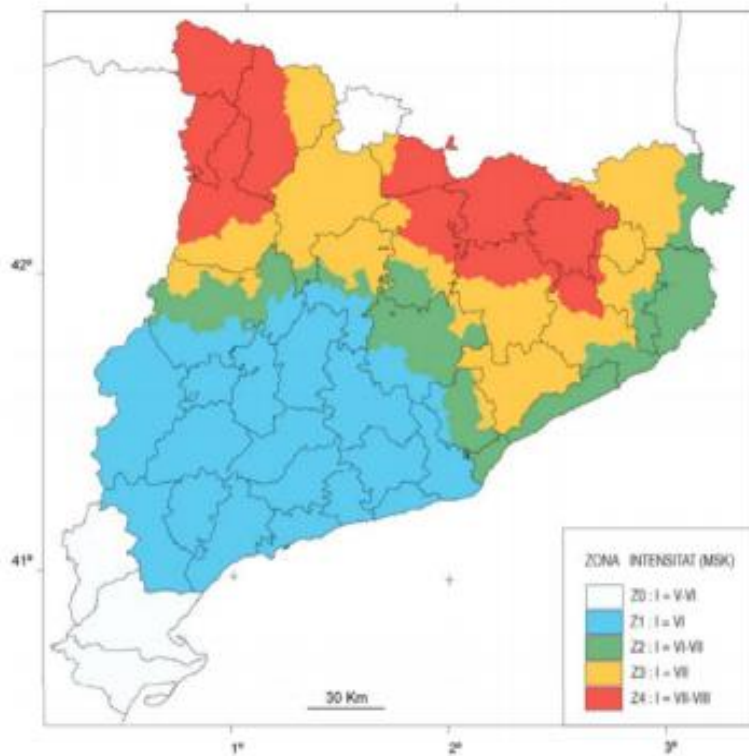


Figura 8: Mapa de les zones sísmiques de Catalunya.

Tàrrrega es troba entre la zona Z1 i la zona Z2 d'aquest mapa. Per tant, es pot veure afectat per terratrèmols d'intensitat VI en l'escala MSK (*Medvedev Sponheheur- Karnik*). Aquesta escala avalua la força dels moviments sísmics segons els efectes destructius de les edificacions i el grau d'afectació entre la població.

1.4. Abreviacions i nomenclatura

En aquest apartat es presenta en forma de taula la nomenclatura i abreviacions que s'utilitzen en la memòria per fer referència a les substàncies que intervenen en el procés, presentades en la Taula 3.

Taula 3: Nomenclatura i abreviacions dels compostos.

Compost	Nomenclatura	Abreviacions
Àcid Oxàlic	$C_2H_2O_4$	OA
Etilenglicol	$C_2H_6O_2$	EG
Àcid nítric	HNO_3	NA
Àcid sulfúric	H_2SO_4	SA
Aigua	H_2O	H_2O
Oxigen	O_2	O_2
Nitrogen	N_2	N_2

2. Propietats fisicoquímiques dels compostos utilitzats

2.1. Matèries primeres

Les matèries primeres utilitzades en aquest procés per tal de produir àcid oxàlic són l'etilenglicol, l'oxigen, l'àcid sulfúric i l'àcid nítric.

2.1.1. Etilenglicol

L'etilenglicol és el diol més simple. Va ser preparat per primera vegada per Wurtz en el 1859; mitjançant el tractament d'1,2-dibromoetà amb acetat de plata obtenint diacetat d'etilenglicol, que a continuació s'hidrolitza a l'etilenglicol. [3]

Es va utilitzar per primera vegada industrialment en lloc de glicerol durant la Primera Guerra Mundial com un intermedi per a explosius (dinitrat d'etilenglicol), però des de llavors s'ha convertit en un important producte industrial. [3]

El glicol o etilenglicol és un compost orgànic molt utilitzat en la indústria de l'automòbil com anticongelant i com a precursor de polímers. En la seva forma pura, és un líquid inodor, incolor, xaropós i de gust dolç. És tòxic i la ingestió pot arribar a ser mortal.

La seva fórmula química és $C_2H_6O_2$.

És moderadament tòxic per via oral, LDLO = 786 mg/kg per humans. El perill més gran és el seu gust dolç que fa que l'enverinat en consumeixi grans quantitats respecte a altres verins. Després de la ingesta es forma àcid oxàlic que és tòxic. [3]

Taula 4: Propietats de l'etilenglicol a 20 °C i pressió atmosfèrica.

Massa molecular (g/mol)	62,037
Densitat (g/cm ³)	1,11
Punt de fusió (°C)	-13
Punt d'ebullició (°C)	198
Pressió de vapor (mmHg)	0,06

En la següent figura s'observa l'estructura de Lewis corresponent a l'etilenglicol:

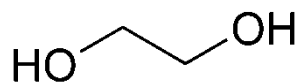


Figura 9: Estructura de Lewis de l'etilenglicol.

En la següent taula es poden observar els perills més destacats de treballar amb aquest component.

Taula 5: Perills més destacats de l'etilenglicol.

Límit inferior d'explosivitat (%vol)	3,2
Límit superior d'explosivitat (%vol)	15,3
Punt d'inflamabilitat (°C)	111,11

2.1.2. Oxigen

L'oxigen és l'element més abundant de la superfície terrestre i és essencial per a la vida dels organismes. La proporció d'oxigen en volum a l'atmosfera és d'un 21% i a l'aigua del mar del 89% en pes. És un gas incolor, inodor i insípid, que forma compostos reaccionant amb pràcticament tots els altres elements.

L'oxigen es troba en dues formes al·lotròpiques. Es pot observar diatòmica (O_2), conegut també com a oxigen atmosfèric, així com en forma triatòmica (O_3), anomenat ozó. Per a la producció d'òxid d'etilè es necessita l'oxigen atmosfèric.

La via d'obtenció d'oxigen a la indústria es porta a terme mitjançant la destil·lació fraccionària d'aire líquid. Cal destacar que a la indústria química, a l'hora de dur a terme oxidacions, l'aire ha estat substituït per l'oxigen comercial. ^[3]

La seva fórmula química és O_2 .

Taula 6: Propietats de l'oxigen 20 °C i pressió atmosfèrica.

Massa molecular (g/mol)	32
Densitat (g/cm ³)	1,14
Punt de fusió (°C)	-218,79
Punt d'ebullició (°C)	-182,95
Pressió de vapor (mmHg)	157,51

En la següent figura s'observa l'estructura de Lewis corresponent a l'oxigen:

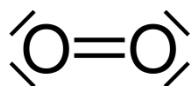


Figura 10: Estructura de Lewis de l'oxigen.

2.1.3. Àcid nítric

L'àcid nítric és un àcid fort, incolor, tòxic i un líquid corrosiu que pot arribar a produir cremades d'alta gravetat. És molt utilitzat al laboratori com a reactiu o catalitzador, també molt comú en la fabricació d'explosius com pot ser la nitroglicerina i el trinitrotoluen conegut comunament com el TNT, també té una gran importància en la indústria dels fertilitzants, així com a la metal·lúrgia i el refinatge, ja que reacciona amb la major part de metalls i en la síntesi de compostos orgànics. És l'àcid tradicionalment emprat en la calcografia, que consisteix a gravar en una planxa de metall. [3]

Mesclat amb àcid clorhídric forma l'aigua règia, que pot dissoldre l'or i el platí. L'àcid nítric és també un component de la pluja àcida.

La seva fórmula química és HNO₃.

En la següent taula es podrà observar les propietats físic-químiques més importants d'aquest compost.

Taula 7: Propietats de l'oxigen a 20 °C i pressió atmosfèrica.

Massa molecular (g/mol)	62,99
Densitat (g/cm ³)	1,5
Punt de fusió (°C)	-42
Punt d'ebullició (°C)	83
Pressió de vapor (mmHg)	48

En la següent figura s'observa l'estructura de Lewis corresponent a l'àcid nítric:

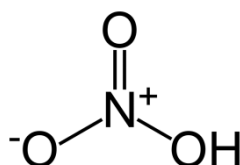


Figura 11: Estructura de Lewis de l'àcid nítric.

En la següent taula es poden observar els perills més destacats de treballar amb aquest component.

Taula 8: Perills més destacats de l'àcid nítric.

Límit d'exposició mitjana ponderada durant 10h (mg/m ³)	5
Límit d'exposició a curt termini (mg/m ³)	10
Immediatament perillós per a la salut, IDLH (mg/m ³)	64,5

2.2. Producte: Àcid oxàlic

L'àcid oxàlic és l'àcid dicarboxílic saturat més simple. El compost existeix en forma anhidra o com a dihidrat. L'àcid anhidre no es troba a la natura i ha de ser preparat a partir del dihidrat fins i tot quan es produeix industrialment. L'àcid oxàlic està àmpliament distribuït al regne vegetal i animal (gairebé sempre en forma de sals) i en té diverses aplicacions industrials.

La sal àcida de potassi de l'àcid oxàlic es troba a l'alzina comuna i el nom d'àcid oxàlic es deriva d'aquesta planta. L'àcid oxàlic es forma a les plantes mitjançant l'oxidació incompleta dels glúcids i al regne animal a través del metabolisme dels glúcids mitjançant el cicle de l'àcid tricarboxílic. L'orina dels humans i de la majoria dels mamífers també conté una petita quantitat d'oxalat de calci. En casos patològics, l'augment de l'oxalat de calci i el contingut d'orina condueix a la formació de càlculs renals. Els oxalats de calci i ferro també es troben com a minerals. [6]

L'àcid oxàlic és un dels àcids més antics coneguts i ja es va identificar a la sal de potassi per Wiegand l'any 1769. El compost també té una importància històrica en química perquè Woehler va preparar àcid oxàlic per hidròlisi de cianogen el 1824, sintetitzant el primer producte natural, fins i tot abans de la seva famosa síntesi d'urea el 1828.

A part de l'aplicació de l'àcid oxàlic com a intermediari sintètic, les propietats d'ell o les seves sals s'han explotat generalment com a agents reductors (en aquest cas els inofensius es formen productes finals de diòxid de carboni i aigua), com a precipitants per a ions calci, o com a agents complexants per a les sals de metalls pesants. Les principals aplicacions a tot el món es poden dividir en els següents grups en percentatges d'ús total:

- Tractament de metalls 28%
- Tractament tèxtil 25%
- Agents blanquejants 20%
- Els usos químics 27%

La seva fórmula química és $C_2H_2O_4$.

En la següent taula es podrà observar les propietats físico-químiques més importants d'aquest compost.

Taula 9: Propietats de l'àcid oxàlic a 20 °C i pressió atmosfèrica.

Massa molecular (g/mol)	89,99
Densitat (g/cm ³)	1,9
Punt de fusió (°C)	198,5
Punt d'ebullició (°C)	100,7
Pressió de vapor (mmHg)	0,001

En la següent figura s'observa l'estructura de Lewis corresponent a l'àcid oxàlic:

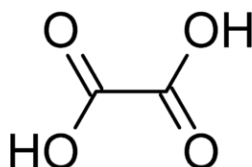


Figura 12: Estructura de Lewis de l'àcid oxàlic.

En la següent taula es poden observar els perills més destacats de treballar amb aquest component.

Taula 10: Perills més destacats de l'àcid oxàlic.

Límit d'exposició mitjana ponderada durant 10h (mg/m ³)	1
Límit d'exposició a curt termini (mg/m ³)	2
Immediatament perillós per a la salut, IDLH (mg/m ³)	500
Punt d'inflamabilitat (°C)	166

2.3. Altres compostos

2.3.1. Àcid sulfúric

L'àcid sulfúric és un àcid fort molt corrosiu. Quan es troba dissolt en aigua o altres solvents dipolars es descompon immediatament en l'ió sulfat i forma sals amb aquest nom en associació amb diversos cations.

És la substància química que la indústria mundial produeix en major quantitat, i té com a principal aplicació el sector dels adobs. L'àcid sulfúric pur és un líquid a temperatura ambient, incolor i d'aspecte oliós. El seu procés de dissolució és molt exotèrmic, per aquesta raó en diluir àcid sulfúric cal addicionar l'àcid sobre l'aigua en petites proporcions. [3]

La seva fórmula química és H_2SO_4 .

En la següent taula es podrà observar les propietats físic-químiques més importants d'aquest compost.

Taula 11: Propietats de l'àcid sulfúric a 20 °C i pressió atmosfèrica.

Massa molecular (g/mol)	97,96
Densitat (g/cm ³)	1,83
Punt de fusió (°C)	10,31
Punt d'ebullició (°C)	337
Pressió de vapor (mmHg)	0,001

En la següent figura s'observa l'estructura de Lewis corresponent a l'àcid sulfúric:

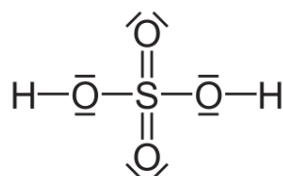


Figura 13: Estructura de Lewis de l'àcid sulfúric.

En la següent taula es poden observar els perills més destacats de treballar amb aquest component.

Taula 12: Perills més destacats de l'àcid sulfúric.

Límit d'exposició mitjana ponderada durant 10h (mg/m ³)	1
Immediatament perillós per a la salut, IDLH (mg/m ³)	15

3. Descripció del procés de fabricació

El procés dut a terme per la producció d'àcid oxàlic en la planta OxBee pot ser observat en els diferents diagrames que es mostraran a continuació i també serà explicat segons les diferents etapes que s'han dut a terme. [5]

3.1. Diagrama de bloc

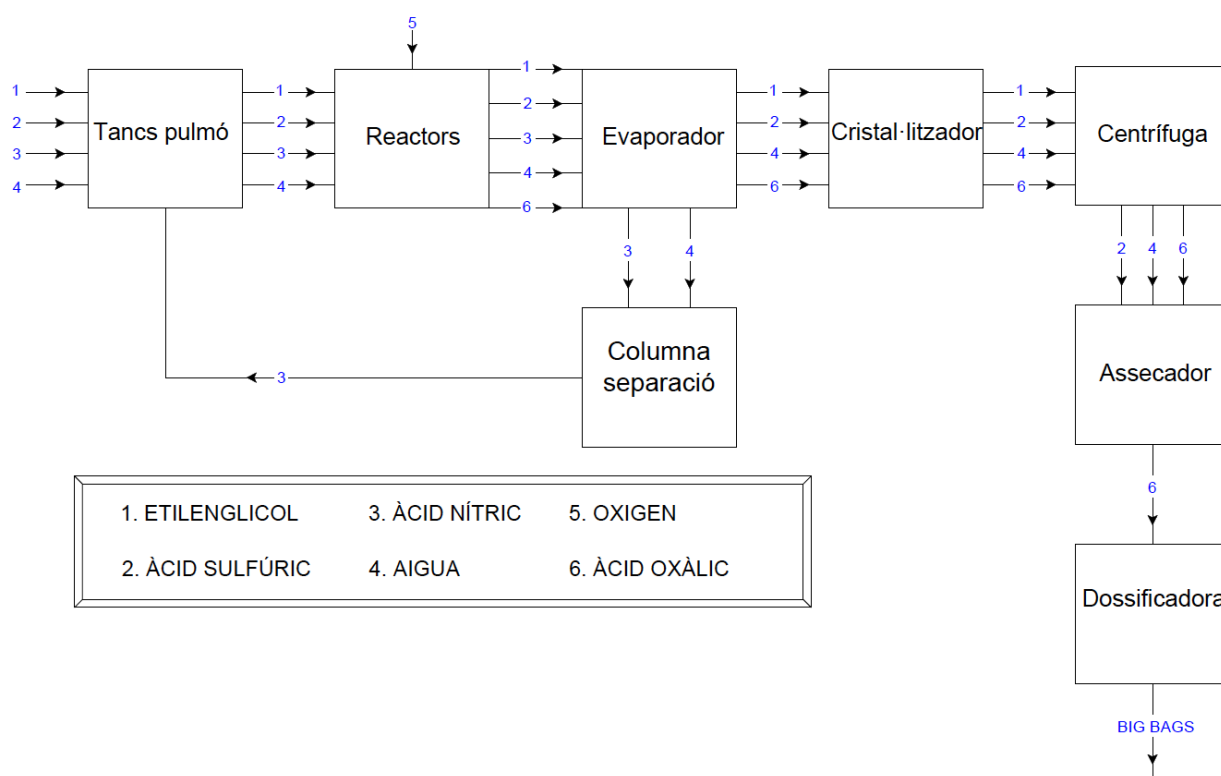
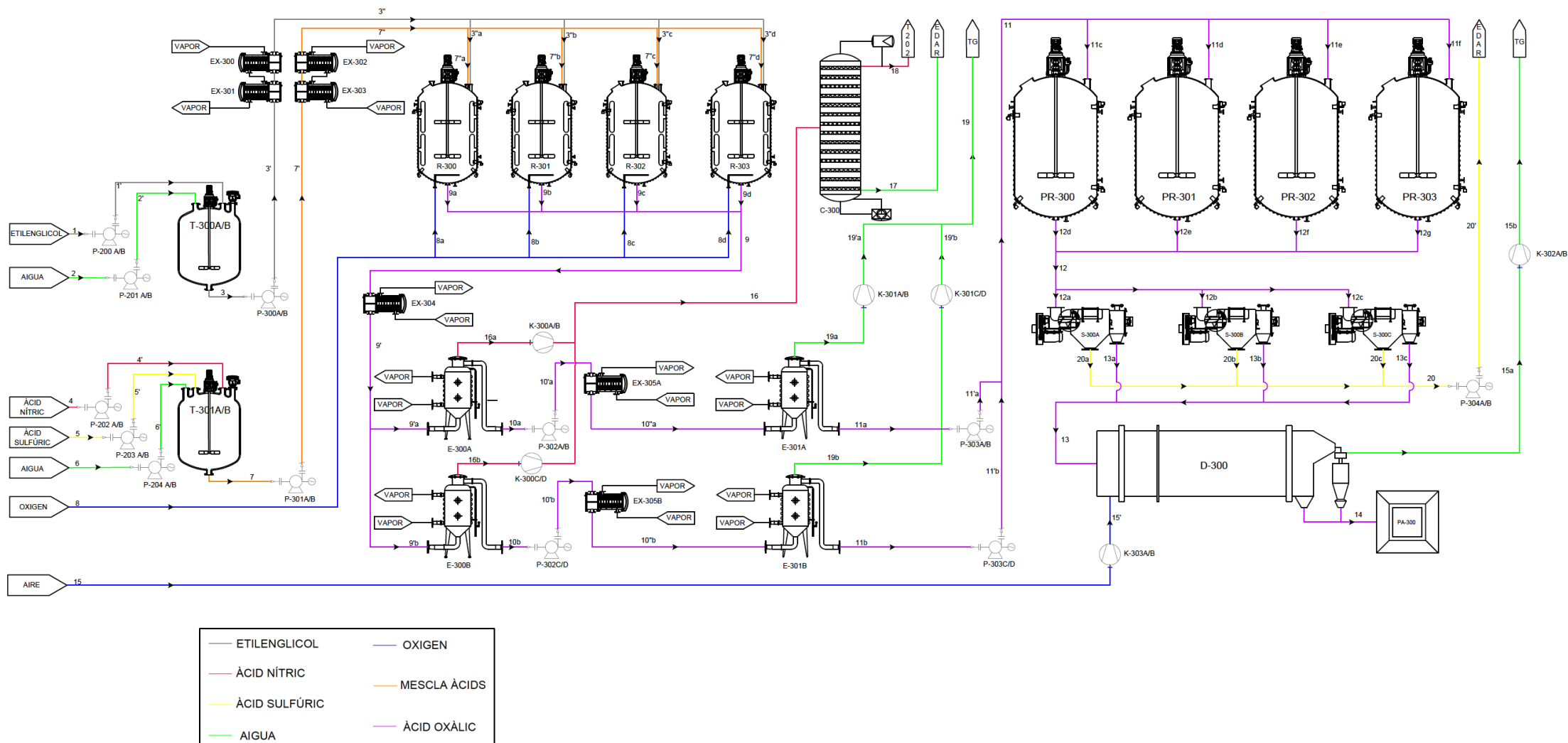


Figura 14: Diagrama de blocs.



OxBee

3.2. Diagrama de procés



Taula 13: Balanç de matèria de la planta OxBee.

Corrent	1	1'	2	2"	3	3'	3"	4	4'
Estat del corrent	L	L	L	L	L	L	L	L	L
Temperatura (°C)	25	25	25	25	25	25	80	25	25
Pressió (kPa)	101,32	300	101,32	260	101,32	300	200	101,32	440
Cabal molar (kmol/h)	51,64	51,64	185,19	185,19	82,63	82,63	82,63	252,55	252,55
Cabal màssic (kg/h)	3205,35	3205,35	3336,18	3336,18	3272,07	3272,07	3272,07	15913,64	15913,64
Cabal volumètric (m³/h)	2,89	2,89	3,35	3,35	6,23	6,23	6,23	10,57	10,57
Fracció molar									
Aigua	0,03	0,03	1,00	1	0,53	0,53	0,53	0,03	0,03
Etilenglicol	0,97	0,97	0,00	0	0,47	0,47	0,47	0	0
Àcid nítric	0	0	0	0	0	0	0	0,97	0,97
Àcid sulfúric	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Oxigen	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Àcid oxàlic	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Taula 14: Continuació balanç de matèria de la planta OxBee.

Corrent	5	5'	6	6'	7	7'	7"	8
Estat del corrent	L	L	L	L	L	L	L	L
Temperatura (°C)	25	25	25	25	25	25	80	-183
Pressió (kPa)	101,32	685	101,32	375	101,32	425	325	810,6
Cabal molar (kmol/h)	149,45	149,45	627,64	627,64	1029,64	1029,64	1029,64	113,61
Cabal màssic (kg/h)	14657,30	14657,30	11307,06	11307,06	41878,00	41878,00	41878,00	3635,40
Cabal volumètric (m³/h)	8,05	8,05	11,34	11,34	29,96	29,96	29,96	2544,02
Fracció molar								
Aigua	0,05	0,05	1,00	1,00	0,61	0,61	0,61	0
Etilenglicol	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0
Àcid nítric	0,00	0	0	0	0,25	0,25	0,25	0
Àcid sulfúric	0,95	0,95	0	0	0,15	0,15	0,15	0
Oxigen	0	0	0	0	0	0	0	1
Àcid oxàlic	0	0	0	0	0	0	0	0

Taula 15: Continuació balanç de matèria de la planta OxBee.

Corrent	3"a	3"b	3"c	3"d	7"a	7"b	7"c
Estat del corrent	L	L	L	L	L	L	L
Temperatura (°C)	80	80	80	80	80	80	80
Pressió (kPa)	101,32	101,32	101,32	101,32	101,32	101,32	101,32
Cabal molar (kmol/h)	20,66	20,66	20,66	20,66	257,41	257,41	257,41
Cabal màssic (kg/h)	818,02	818,02	818,02	818,02	10469,50	10469,50	10469,50
Cabal volumètric (m³/h)	1,56	1,56	1,56	1,56	7,49	7,49	7,49
Fracció molar							
Aigua	0,53	0,53	0,53	0,53	0,61	0,61	0,61
Etilenglicol	0,47	0,47	0,47	0,47	0	0	0
Àcid nítric	0	0	0	0	0,25	0,25	0,25
Àcid sulfúric	0	0	0	0	0,15	0,15	0,15
Oxigen	0	0	0	0	0	0	0
Àcid oxàlic	0	0	0	0	0	0	0

Taula 16: Continuació balanç de matèria de la planta OxBee.

Corrent	7"d	8a	8b	8c	8d
Estat del corrent	L	G	G	G	G
Temperatura (°C)	80	100	100	100	100
Pressió (kPa)	101,32	405,3	405,3	405,3	405,3
Cabal molar (kmol/h)	257,41	28,40	28,40	28,40	28,40
Cabal màssic (kg/h)	10469,50	908,85	908,85	908,85	908,85
Cabal volumètric (m³/h)	7,49	636,00	636,00	636,00	636,00
Fracció molar					
Aigua	0,61	0	0	0	0
Etilenglicol	0	0	0	0	0
Àcid nítric	0,25	0	0	0	0
Àcid sulfúric	0,15	0	0	0	0
Oxigen	0	1	1	1	1
Àcid oxàlic	0	0	0	0	0

Taula 17: Continuació balanç de matèria de la planta OxBee.

Corrent	9a	9b	9c	9d	9	9'	9'a
Estat del corrent	L	L	L	L	L	L	L
Temperatura (°C)	80	80	80	80	80	90	90
Pressió (kPa)	101,32	101,32	101,32	101,32	101,32	101,32	101,32
Cabal molar (kmol/h)	364,44	364,44	364,44	364,44	1457,74	1457,74	728,87
Cabal màssic (kg/h)	13571,50	13571,50	13571,50	13571,50	54286,01	54286,01	27143,00
Cabal volumètric (m³/h)	17,19	17,19	17,19	17,19	68,77	68,77	34,39
Fracció molar							
Aigua	0,622	0,622	0,622	0,622	0,622	0,622	0,622
Etilenglicol	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009
Àcid nítric	0,216	0,216	0,216	0,216	0,216	0,216	0,216
Àcid sulfúric	0,089	0,089	0,089	0,089	0,089	0,089	0,089
Oxigen	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Àcid oxàlic	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024

Taula 18: Continuació balanç de matèria de la planta OxBee.

Corrent	9'b	10a	10'a	10''a	10b	10'b	10''b
Estat del corrent	L	L	L	L	L	L	L
Temperatura (°C)	90	70	70	105	70	70	105
Pressió (kPa)	101,32	100	200	101,32	100	200	101,32
Cabal molar (kmol/h)	0,00	520,74	520,74	520,74	520,74	520,74	520,74
Cabal màssic (kg/h)	0,00	16820,09	16820,09	16820,09	16820,09	16820,09	16820,09
Cabal volumètric (m³/h)	0,00	30,94	30,94	30,94	30,94	30,94	30,94
Fracció molar							
Aigua	0,622	0,827	0,827	0,83	0,827	0,827	0,83
Etilenglicol	0,009	0,013	0,013	0,01	0,013	0,013	0,01
Àcid nítric	0,216	0	0	0	0	0	0
Àcid sulfúric	0,089	0,125	0,125	0,13	0,125	0,125	0,13
Oxigen	0,001	0,001	0,001	0	0,001	0,001	0
Àcid oxàlic	0,024	0,034	0,034	0,03	0,034	0,034	0,03

Taula 19: Continuació balanç de matèria de la planta OxBee.

Corrent	11a	11'a	11b	11'b	11	11c	11d
Estat del corrent	L	L	L	L	L	L	L
Temperatura (°C)	70	70	70	70	70	70	70
Pressió (kPa)	100	500	100	500	250	101,32	101,32
Cabal molar (kmol/h)	243,20	243,20	243,20	243,20	486,40	486,40	486,40
Cabal màssic (kg/h)	11820,09	11820,09	11820,09	11820,09	23640,18	23640,18	23640,18
Cabal volumètric (m³/h)	25,92	25,92	25,92	25,92	51,85	51,85	51,85
Fracció molar							
Aigua	0,629	0,629	0,629	0,629	0,629	0,629	0,629
Etilenglicol	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027
Àcid nítric	0	0	0	0	0	0	0
Àcid sulfúric	0,268	0,268	0,268	0,268	0,268	0,268	0,268
Oxigen	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
Àcid oxàlic	0,073	0,073	0,073	0,073	0,073	0,073	0,073

Taula 20: Continuació balanç de matèria de la planta OxBee.

Corrent	11e	11f	12d	12e	12f	12g	12
Estat del corrent	L	L	L/S	L/S	L/S	L/S	L/S
Temperatura (°C)	70	70	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5
Pressió (kPa)	101,32	101,32	101,32	101,32	101,32	101,32	101,32
Cabal molar (kmol/h)	486,40	486,40	486,40	486,40	486,40	486,40	486,40
Cabal màssic (kg/h)	23640,18	23640,18	23640,18	23640,18	23640,18	23640,18	23640,18
Cabal volumètric (m³/h)	51,85	51,85	37,280	37,280	37,280	37,280	37,280
Fracció molar							
Aigua	0,629	0,629	0,629	0,629	0,629	0,629	0,629
Etilenglicol	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027
Àcid nítric	0	0	0	0	0	0	0
Àcid sulfúric	0,268	0,268	0,268	0,268	0,268	0,268	0,268
Oxigen	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
Àcid oxàlic	0,073	0,073	0,073	0,073	0,073	0,073	0,073

Taula 21: Continuació balanç de matèria de la planta OxBee.

Corrent	12a	12b	12c	13a	13b	13c	13	14
Estat del corrent	L/S	L/S	L/S	S	S	S	S	S
Temperatura (°C)	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5	70
Pressió (kPa)	101,32	101,32	101,32	101,32	101,32	101,32	101,32	101,32
Cabal molar (kmol/h)	243,20	243,20	243,20	18,87	18,87	18,87	37,74	33,04
Cabal màssic (kg/h)	11820,09	11820,09	11820,09	2160,95	2160,95	2160,95	4321,90	4160,97
Cabal volumètric (m³/h)	18,64	18,64	18,64	0,070	0,070	0,070	0,14	2,45
Fracció molar								
Aigua	0,629	0,629	0,629	0,102	0,102	0,102	0,102	0,001
Etilenglicol	0,027	0,027	0,027	0	0	0	0	0
Àcid nítric	0	0	0	0	0	0	0	0
Àcid sulfúric	0,268	0,268	0,268	0,019	0,019	0,019	0,019	0
Oxigen	0,003	0,003	0,003	0	0	0	0	0
Àcid oxàlic	0,073	0,073	0,073	0,879	0,879	0,879	0,879	0,999

Taula 22: Continuació balanç de matèria de la planta OxBee.

Corrent	15	15'	15''	15a	15b	16a	16b
Estat del corrent	G	G	G	G/L	G/L	G	G
Temperatura (°C)	20	20	120	120	120	90	90
Pressió (kPa)	101,3	740	740	500	745	150	150
Cabal molar (kmol/h)	250,39	250,39	250,39	255,08	255,08	181,35	181,35
Cabal màssic (kg/h)	7200,00	7200,00	7200,00	7358,16	7358,16	10408,17	10408,17
Cabal volumètric (m³/h)	6000,00	6000,00	6000,00	6131,8	6131,8	6,89	6,89
Fracció molar							
Aigua	0	0	0	0,015	0,015	0,125	0,125
Etilenglicol	0	0	0	0	0	0	0
Àcid nítric	0	0	0	0	0	0,875	0,875
Àcid sulfúric	0	0	0	0,003	0,003	0	0
Oxigen	0,189	0,189	0,189	0,185	0,185	0	0
Àcid Oxàlic	0	0	0	0,001	0	0	0
Nitrogen	0,811	0,811	0,811	0,796	0,796	0	0

Taula 23: Continuació balanç de matèria de la planta OxBee.

Corrent	16	17	18	19a	19b	19	20a	20b	20	20'
Estat del corrent	G	G	L	G	G	G	L	L/S	L/S	L/S
Temperatura (°C)	90	87,75	83,38	105	105	105	17,5	17,5	17,5	17,5
Pressió (kPa)	275	101,32	101,32	150	150	290	101,32	101,32	101,32	296,32
Cabal molar (kmol/h)	362,71	53,53	309,2	277,5	277,5	555	224,33	224,33	224,33	224,33
Cabal màssic (kg/h)	20816,35	2175,94	18634,90	5000	5000	10000	9659,13	9659,13	9659,13	9659,13
Cabal volumètric (m³/h)	13,79	1,74	14,87	5,015	5,015	10,03	21,71	21,71	21,71	21,71
Fracció molar										
Aigua	0,125	0,497	0,061	1	1	1	0,673	0,673	0,673	0,673
Etilenglicol	0	0	0	0	0	0	0,030	0,030	0,030	0,03
Àcid nítric	0,875	0,503	0,939	0	0	0	0,000	0,000	0,000	0
Àcid sulfúric	0	0	0	0	0	0	0,289	0,289	0,289	0,289
Oxigen	0	0	0	0	0	0	0,003	0,003	0,003	0,003
Àcid Oxàlic	0	0	0	0	0	0	0,005	0,005	0,005	0,005
Nitrogen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

3.2.1. Adequació dels reactius

Abans d'introduir les matèries primeres al reactor per dur a terme la producció d'àcid oxàlic s'ha de fer una primera etapa d'adequació dels reactius.

Aquesta etapa consisteix principalment a introduir l'àcid nítric, l'àcid sulfúric, l'etilenglicol i l'aigua en dos tancs pulmons diferents per tal de formar la mescla que més tard donarà lloc a l'àcid oxàlic i homogeneïtzar-la gràcies a un sistema d'agitació perquè faciliti la reacció posteriorment.

També consta de quatre bescanviadors de calor que ajudaran a aquestes matèries primeres que entrin a la temperatura correcta per dur a terme la reacció sense cap inconvenient. [6]

3.2.2. Reacció

La zona de reacció estarà formada principalment per quatre reactors de tanc agitats iguals que treballen en continu per produir àcid oxàlic, cada reactor consta del seu propi sistema de refrigeració que consisteix en dos chillers en sèrie que subministren l'aigua necessària perquè la temperatura dins del reactor es mantingui tota l'estona a un valor de 80 °C, ja que aquesta és la temperatura necessària de reacció. Els reactors també tindran cadascun el seu sistema propi d'aeració que consisteix en un plat de bombolleig que subministra un cabal constant d'oxigen per dur a terme la reacció en les seves condicions òptimes.

Cal mencionar que cada reactor té un sistema d'agitació de plaques planes de 90°, de dos agitadors concretament per tal que hi hagi una bona mescla i s'aprofiti tot el volum per aconseguir la major conversió i el major rendiment possible.

3.2.3. Evaporació

Aquesta zona està formada per quatre evaporadors, dos en sèrie i dos en paral·lel. Aquest sistema s'ha definit així per tal de treballar amb cabals més petits i així aconseguir una major efectivitat en el seu objectiu.

Aquest objectiu és principalment concentrar el corrent en àcid oxàlic per després aconseguir una millor separació d'aquest. El sistema consta d'un primer evaporador

que s'encarrega d'evaporar aigua amb àcid nítric, ja que són els components més volàtils de la mescla i el segon s'encarrega de retirar encara més aigua perquè els corrents estaven formats quasi del 80% per aigua.

D'aquesta manera, s'aconsegueix concentrar al màxim possible el corrent del producte desitjat què és l'àcid oxàlic.

3.2.4. Cristal·lització

En aquesta etapa es vol solidificar l'àcid oxàlic mitjançant un sistema de quatre precipitadors que treballaran per etapes per aconseguir simular un procés en continu, ja que fer una cristal·lització en continu és molt complicat.

Amb aquesta part del procés s'aconsegueix precipitar l'àcid oxàlic perquè és el format en el qual està comercialitzat.

Cada precipitador consta del seu sistema propi de refrigeració per tal d'aconseguir la temperatura idònia perquè es formin els cristalls d'àcid oxàlic. També consten d'un sistema d'agitació per tal que tot el volum del precipitador estigui ben refrigerat.

3.2.5. Centrifugació i asseccament del producte

Aquesta zona és principalment de separació del producte i de la seva purificació.

La primera etapa consta de tres centrífugues en paral·lel, s'ha arribat a aquesta configuració perquè al treballar amb les tres i no només amb una s'aconsegueix una major separació i eficàcia de tot el sòlid d'àcid oxàlic amb el corrent líquid que contindrà traces de reactius.

Després la segona etapa està formada per un assecador que s'encarregarà de treure tota la humitat del producte que pugui tenir perquè aquest ja es pugui dosificar i empaçar en *big bags*, i finalment comercialitzar.

3.2.6. EDAR i tractament de gasos

Tots els efluents líquids de purga provinents de la planta són tractats en aquesta àrea on es troba l'EDAR. Solen ser efluents líquids de purga del procés, però també es tracta l'aigua de neteja utilitzant els embornals de càrrega del producte final, en el cas de vessament, i d'efluents de banys i neteja de planta. Són efluents que cal tractar per tal de reduir les substàncies en suspensió que contenen i així complir els límits d'abocament. Amb els cabals gasosos de la planta passarà al mateix, caldrà tractar-los per tal de no emetre gasos contaminants en grans quantitats a l'atmosfera.

4. Balanços

4.1. Balanços d'energia

Per tal de saber el consum total de la planta es fa el balanç d'energia de tots els sistemes que intervindran en el procés de producció d'àcid oxàlic.

Es farà el balanç per cada àrea i finalment un sumatori de tots els conjunts.

Quant a l'àrea 100 el consum vindrà donat principalment per les bombes que s'encarregaran de transportar els fluids cap a les respectives operacions.

Taula 24: Balanç energètic de l'àrea 100.

Equip	Potència(kW)	Nº equips	Nº funcionant	Hores d'ús	Consum diari (kWh)
P-100	0,48	2	1	6	931,2
P-101	2,43	2	1	6	4671,3
P-102	1,29	2	1	6	2488,32
P-103	0,09	2	1	6	180,48
P-104	1,62	2	1	6	3110,4

L'àrea 200 també estarà formada principalment per bombes.

Taula 25: Balanç energètic de l'àrea 200.

Equip	Potència (kW)	Nº equips	Nº funcionant	Hores d'ús	Consum diari (kWh)
P-200	0,321	2	1	12	1233,7
P-201	0,300	2	1	12	1178,7
P-202	2,235	2	1	12	8732,1
P-203	2,265	2	1	12	8448
P-204	1,950	2	1	12	6873,6

L'àrea 300 serà la que major despesa energètica té a conseqüència de és on tenen lloc totes les operacions i es necessita una gran càrrega d'energia perquè els equips funcionin de manera correcta i aconseguir una bona producció d'àcid oxàlic.

Taula 26: Balanç energètic de l'àrea 300.

Equip	Potència (kW)	Nº equips	Nº funcionant	Hores d'ús	Consum diari (kWh)
T-300	4,0624	2	1	24	31199,2
T-301	66,6151	2	1	24	511603,2
P-300	0,326	2	1	24	2506,7
P-301	5,503	2	1	24	42266,8
P-302	0,676	2	1	24	10395,6
P-303	1,501	2	1	24	23063,1
P-304	1,036	2	1	24	7963,7
R-300	680	4	4	24	5222400,1
K-300	0,170	2	1	24	1305,6
K-301	0,311	2	1	24	4790,7
K-302	0,658	2	1	24	5060,3
PR-300	237,6	4	1	4	608256,1
S-300	90	3	1	24	2073600,1
PA-300	0,2	1	1	24	1536,0

L'àrea 900 a l'estar formada pels serveis que abasteixen la planta tindrà un gran consum energètic format principalment per les calderes i els sistemes de refrigeració del reactor i del precipitador.

Taula 27: Balanç energètic de l'àrea 900

Equip	Potència (kW)	Nº equips	Nº funcionant	Hores d'ús	Consum diari (kWh)
CH-900	1996,8	8	8	24	15335424
CH-901	29580	20	20	24	59351040
B-900	11922	2	2	24	91560960
P-900	3,592	2	1	24	27586,5
P-901	1,924	2	1	24	14776,3
K-901	0,489	2	1	24	3759,3
K-902	0,789	2	1	24	6061,1

Per tant, una vegada s'obtenen tots els consums d'energia per àrees es pot fer un recompte de la potència total que necessita la planta per funcionar a cada dia que estigui operativa. A la planta OxBee hi haurà un consum total de 546.510 kWh. I si es té en compte tots els dies de producció durant un any tenint en compte totes les parades de manteniment, hi haurà un consum anual de 174.883.402 kWh.

5. Constitució de la planta

En aquest apartat s'exposa la distribució física de la planta, la nomenclatura que s'utilitza per identificar les àrees i la descripció general de cadascuna d'elles. A més es detalla la planificació i distribució de torns de treball així com els departaments que integra l'empresa d'Oxbee. El criteri de distribució i planificació ha estat basat en l'optimització de l'espai i dels recursos, per tal de garantir la màxima seguretat, eficiència tècnica i energètica de la planta.

5.1. Distribució d'àrees

Per a fer una distribució adequada de les àrees en la planta s'han tingut en compte un conjunt de factors:

- **Circulació mínima:** minimització dels moviments necessaris per a realitzar el transport de productes i persones entre diferents àrees, però sempre tenint en compte les distàncies mínimes que s'han de complir per normativa.
- **Seguretat:** La minimització dels recorreguts de transport de matèria i persones ajuda a minimitzar el risc d'accident laboral. També s'ha vetllat per la minimització dels recorreguts d'evacuació i emergència, disposició d'elements de socors i lluita contra incendis distribuïts en zones estratègiques i el compliment de distàncies mínimes entre compostos que puguin presentar incompatibilitats que suposin un risc, entre d'altres.
- **Flexibilitat:** La planta té en compte la disponibilitat d'espai per una possible ampliació en el futur, situada a un extrem lateral de la parcel·la. S'ha decidit distribuir l'espai d'ampliació únicament en la zona de descàrrega i la zona lateral atès que el més probable és que en un futur es pugui instaurar una nova línia de procés semi-independent a l'existent, de manera que tan sols es requerirà aquests espais addicionals, donat que l'espai d'emmagatzematge i càrrega del producte final ja s'ha dissenyat amb un marge de sobre-dimensionament.

La parcel·la on s'edificarà la planta disposa de 53.235 m² de superfície. L'espai s'ha distribuït en 14 àrees diferenciades segons la seva finalitat, tal com es mostra a continuació.

Taula 28: Nomenclatura de les àrees de la planta.

Àrea	Descripció
A-100	Descàrrega
A-200	Emmagatzematge matèries primeres
A-300	Operacions
A-400	Laboratori I+D
A-500	Emmagatzematge i Càrrega
A-600	Parc de Bombers
A-700	EDAR i Tractament de Gasos
A-800	Manteniment
A-900	Energia
A-1000	Control
A-1100	Oficines
A-1200	Menjador, lavabos, vestuaris
A-1300	Pàrquing
A-1400	Servei Logístic

Les àrees esmentades es distribueixen en el mapa de la següent manera:

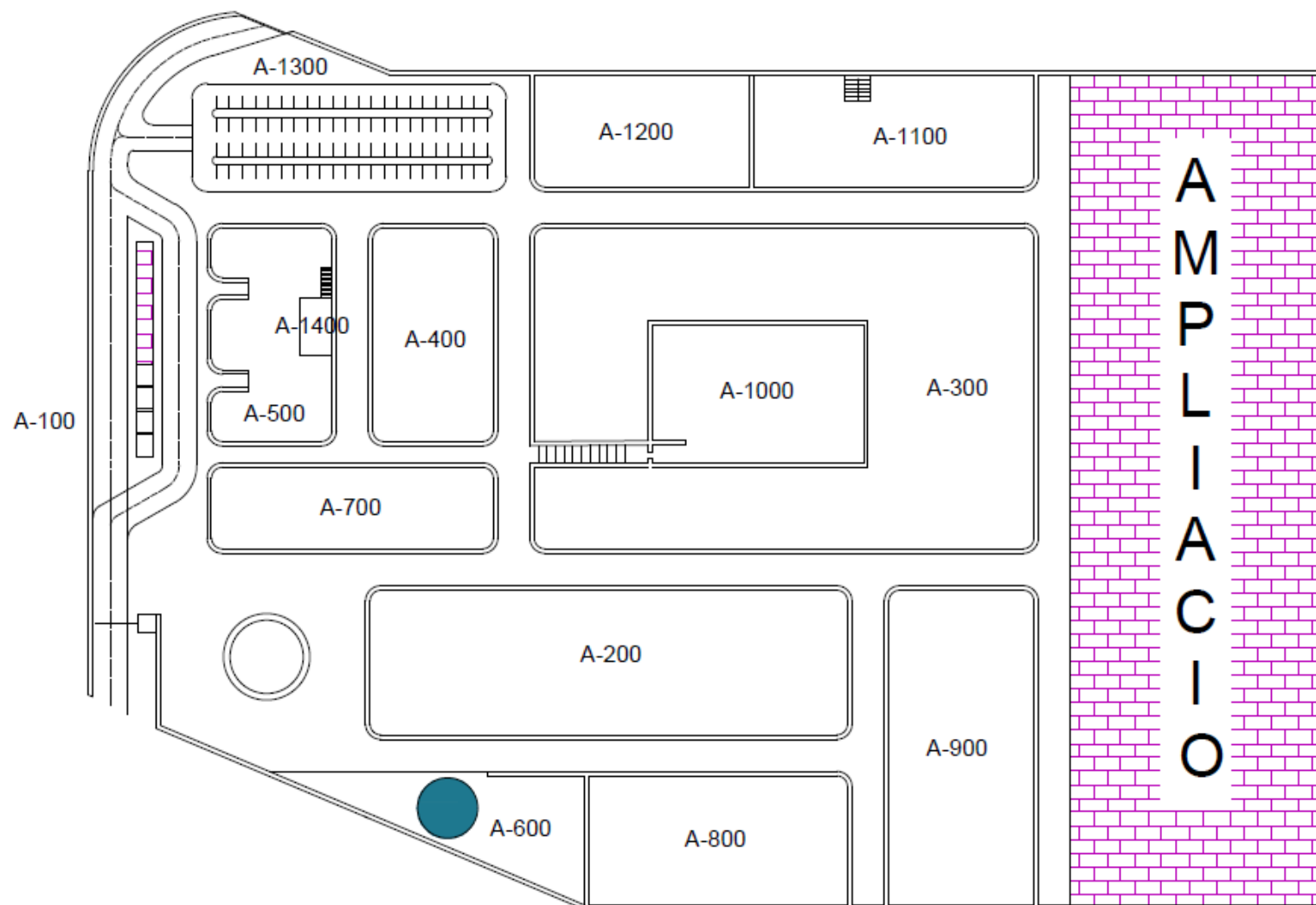


Figura 15: Distribució de les àrees en la parcel·la.

5.2. Descripció de les àrees

Àrea de descàrrega

L'àrea 100 està situada a la part de la planta paral·lela al carrer del Neó. Els camions accediran a la zona de descàrrega per la carretera situada en aquest extrem de la planta, travessant una barrera controlada pel personal que ocuparà la cabina, el qual serà l'encarregat de comprovar que els permisos i documentació dels transportistes sigui l'adequada. Un cop travessada la barrera arribaran a una bàscula de cel·les digitals, des d'on connectaran la boca de descàrrega a un port que està connectat amb els tancs soterrats de matèries primeres, per tal de comprovar que el camió-cisterna conté la matèria assignada i per tal d'assegurar que s'està transferint tota la matèria i no hi ha vessaments en cap cas.

Pel que fa a la descàrrega de l'oxigen, es durà a terme directament dels camions cisterna als tancs, habilitant una zona al costat de la carretera principal especialment per a aquesta operació.

Àrea d'emmagatzematge de matèries primeres

A l'àrea 200 s'emmagatzemen els tancs soterrats d'etilenglicol, àcid nítric, àcid sulfúric i aigua, a més dels tancs superficials d'oxigen, situant-se aquests darrers més a prop de la carretera de descàrrega per tal que els camions cisterna que descarreguen la matèria ho puguin fer des d'aquest espai.

Àrea d'operacions

A l'àrea 300 es concentren tots els equips encarregats de la producció directa de l'àcid oxàlic, estan tots els bescanviadors de calor per tal de definir les condicions d'operacions correctes per la producció, es troben tots els reactors, els equips encarregats de la separació i purificació del producte com evaporadors, precipitadors, etc.

Laboratori I+D

A l'àrea 400 és on se situen els laboratoris de la planta. En aquesta zona és on es realitzen les anàlisis del procés, les proves i control de qualitat del producte final així com de les matèries primeres i on es duu a terme la recerca del departament d'I+D. Se situa estratègicament entre la fase final d'operació i l'emmagatzematge del producte per tal que el recorregut de les *big bags* sigui òptim.

Àrea d'emmagatzematge i càrrega

A l'àrea 500 és on s'emmagatzema el producte final i des d'on es carrega per a la posterior venda i distribució. L'àcid oxàlic dihidrat s'emmagatzemarà en *big bags* d'1 tona sobre palets de fusta, mantenint una distància de mig metre amb la paret per tal d'evitar contaminacions per plagues i rosegadors, complint així la legislació.

Parc de Bombers

A l'àrea 600 se situa el parc de bombers particular de la planta. En aquesta zona s'inclou la bassa d'incendis, la qual està destinada a abastir els equips de protecció contra incendis.

EDAR i Tractament de Gasos

Dins de l'àrea 700 es troben els diferents processos pel tractament de residus produïts arran del procés productiu. Aquests residus podran ser líquids, sòlids i gasosos. Els líquids es tractaran a la mateixa planta amb una depuradora, fins a complir els límits d'abocament. En el cas dels gasos, es tractaran tots els gasos de sortida de manera que es compleixi amb la normativa d'emissions (veure apartat de medi ambient), procurant ser més restrictius que el que indica la mateixa. En el cas dels residus sòlids, s'inclouen tots aquells residus ordinaris com poden ser el paper, cartró, plàstics, etc. Tots aquests residus tindran el seu gestor i transportista extern assignat.

Àrea de manteniment

A l'Àrea 800 és on es guarden tota la maquinària necessària per al manteniment de la planta, com ara recanvis d'equips, bombes, canonades, vàlvules, compressors, etc. A més, es disposarà d'un taller amb les eines necessàries per dur a terme totes aquelles activitats de reparació que siguin competència de la mateixa planta i no requereixin el manteniment a càrrec d'una empresa externa.

Àrea d'energia

A l'àrea 900 és on s'instal·laran els equips auxiliars als sistemes de refrigeració i escalfament del procés, els quals inclouen les calderes destinades a produir el vapor necessari per als bescanviadors de calor i els chillers en circuit tancat que constituïran el sistema de refrigeració independent per al sistema de reactors i els precipitadors del procés.

A la part de la paret d'aquesta zona és on s'instal·laran els quadres elèctrics de tota la planta.

Sala de Control

A l'àrea 1000 és des d'on es realitza el control, monitoratge i manipulació de tots els paràmetres i variables del procés i des d'on es gestionen les tasques de producció.

Aquesta àrea està envoltada per la zona de producció i, en general, de manera centrada en la planta, per tal de facilitar-ne la comunicació i accessibilitat.

Oficines

A l'àrea 1100 es troben els diferents departaments encarregats de la gestió administrativa de la planta. A més aquesta zona disposa d'un local de primers auxilis en cas d'accident laboral, el qual inclou una llitera, una font i elements primaris d'auxili, com ara una farmaciola.

Menjador, lavabos, vestuaris

A l'Àrea 1200 es troba el menjador, vestuari i lavabos. Aquesta zona es troba contigua al pàrquing per tal que el personal de planta es pugui canviar la roba de carrer per la de treball quan arriben i posar-se la del carrer quan marxen per tal d'evitar possibles contaminacions.

Pàrquing

A l'àrea 1300 se situa el pàrquing destinat a tot el personal de la planta i visitants. Aquesta zona disposa de fanals solars automàtiques, de manera que consumeixen menys electricitat i s'activen quan el nivell de llum és insuficient. Les places de cotxes estan numerades i hi haurà un control d'accés, així es tindrà un registre de les entrades i sortides i del nombre de vehicles presents.

Servei Logístic

A l'àrea 1400 se situen les oficines del servei logístic. Aquest servei és l'encarregat de gestionar les operacions amb les mercaderies, el seu emmagatzematge, recollides i entregues, així com els seus tràmits duaners. Atès a la seva funció, s'ha decidit situar aquesta àrea dins de la zona d'emmagatzematge del producte i càrrega, per a poder disposar d'una bona visibilitat i poder dur el control de les entrades i sortides correctament i advertir d'incidents ràpidament en el cas que es puguin donar.

5.3. Planificació temporal

Per executar qualsevol projecte cal tenir un mètode de planificació temporal per tal de poder gestionar millor totes les tasques que es facin, com en aquest cas on es construirà una planta de producció d'àcid oxàlic. Aquesta planificació s'haurà d'anar modificant a mesura que s'avança en el projecte o quan sorgeixi qualsevol mena d'impediment, ja que ajudarà a seguir tenint clar una cronologia de tot el procés.

La planta de producció d'àcid estarà operativa 320 dies dels 365 que té un any, es proposen 3 parades de 15 dies cada una per tal de dur a terme les tasques de manteniment. En la següent taula es mostra quan es faran aquestes parades.

Taula 29: Períodes de manteniment.

Parada	Mes
1	Gener
2	Maig
3	Setembre

També s'ha fet un diagrama de Gantt per tal de veure d'una manera més visual i senzilla aquesta evolució de tot el projecte al llarg del temps.

Les tasques s'han organitzat en dies laborables de 8 hores. L'ordre de precedència i la durada estimada per a la realització de cada tasca s'especifica a la següent taula:

Taula 30: Programació temporal del muntatge de la planta d'OxBee.

Nº	Tasca	Duració	Precedència
1	Enginyeria de detall	115	-
2	Obtenció de permisos d'obra i activitats	130	-
3	Comanda dels equips	70	1
4	Adequació dels terrenys	25	2
5	Excavacions i fonaments de la planta	25	4
6	Instal·lació dels subministraments	20	5
7	Vials, voreres i Pàrquing (A-1300)	15	6
8	Menjador, lavabos i vestuari (A-1200) i Oficines (A-1100)	60	2;4;5;7
9	Parc Bombers (A-600) i Manteniment (A-800)	60	2;4;5;7
10	Àrea d'Energia (A-900)	60	2;4;5;7
11	EDAR i Tractament de Gasos (A-700)	60	2;4;5;7
12	Laboratori I+D (A-400) i Emmagatzematge i càrrega (A-500)	60	2;4;5;7
13	Descàrrega (A-100) i Emmagatzematge matèries primeres (A-200)	60	2;3;4;5;7
14	Àrea d'Operacions (A-300) i Control (A-1000)	80	2;3;4;5;6;7
15	Instal·lació dels equips	30	13;14
16	Instal·lació de les canonades del procés	30	10;11;12;13;14
17	Calibratge dels equips	15	15;16
18	Connexió canonades de procés amb equips	7	17
19	Instal·lació canonades de servei	7	14;15;16
20	Connexió canonades servei amb equips	15	15;19
21	Instal·lació servei elèctric i connexió als equips	20	10;14;19;20
22	Instal·lació instrumentació	20	14-21
23	Instal·lació sistema de control	20	21;22
24	Aïllament equips i canonades	20	15;16;18;19;20
25	Pintura	15	24
26	Senyalització	5	25
27	Neteja	10	26
28	Posada en marxa	15	27

5.4. Personal de plantilla

La majoria de personal de la planta s'organitza en 6 torns, aconseguint així una major organització i supervisió de tot el procés durant les 24 hores dels set dies de la setmana d'operació (de dilluns a diumenge).

Els torns es diferencien en funció de l'àrea de treball:

- Torn d'oficina. L'horari d'entrada i sortida serà flexible, complint sempre les 8 hores de jornada laboral. Entrada entre les 7:30-9:00 i sortida entre les 16:30 i les 18:00
- Torn de fàbrica o producció:
 - 1^{er} torn. Jornada laboral de 8 hores de dilluns a divendres de 6:00 a 14:00
 - 2^{on} torn. Jornada laboral de 8 hores de dilluns a divendres de 14:00 a 22:00
 - 3^{er} torn. Jornada laboral de 8 hores de dilluns a divendres de 22:00 a 06:00
 - 4^{rt} torn. Jornada laboral de 12 hores de dissabte a diumenge de 06:00 a 18:00
 - 5^e torn. Jornada laboral de 12 hores de dissabte a diumenge de 18:00 a 6:00

Els torns són rotatius cada setmana.

La planta s'ha dividit en tres grans departaments, que dependran directament de la direcció general, i a la vegada estaran subdividits en altres més petits.

La direcció general de l'empresa s'encarrega principalment de gestionar els recursos de la mateixa i de prendre les decisions més rellevants que poden canviar la direcció.

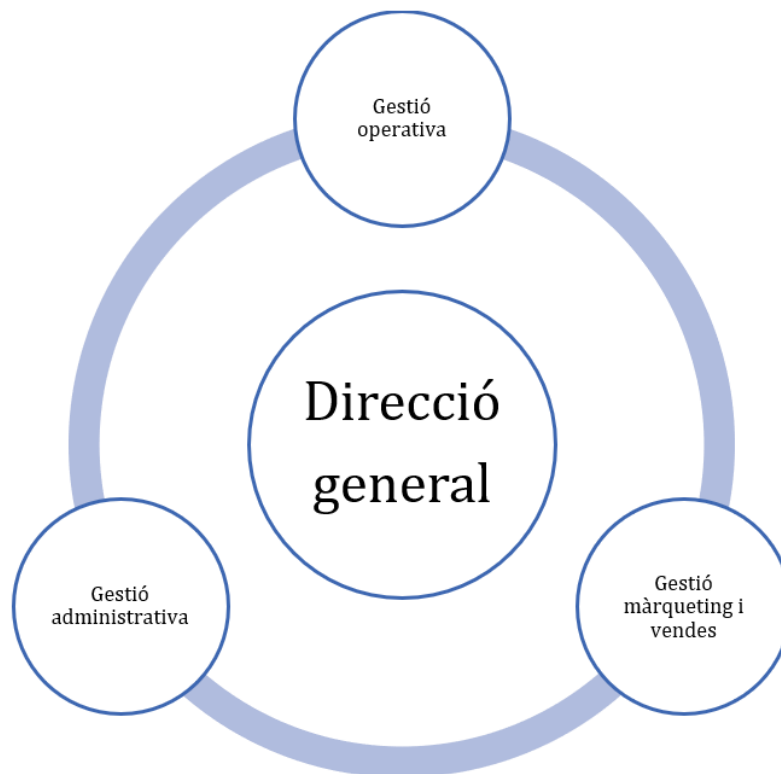


Figura 17: Distribució General.

La gestió operativa engloba els següents departaments:

Departament d'enginyeria: s'encarrega de tots els aspectes tècnics del procés que es duen a terme a la planta industrial i supervisarà i proposarà les millores a la resta de departaments. El perfil professional d'aquesta àrea ha de ser capaç d'afrontar i desenvolupar projectes nous, des de la seva idea conceptual fins als dissenys de tots i cadascun dels equips, així com la posada en marxa i funcionament de planta.

Departament de producció: té com a objectiu principal el correcte i eficient desenvolupament dels productes finals de la planta, en aquest cas, àcid oxàlic, és a dir, transformar les matèries primeres i/o recursos com l'energia o la mà d'obra, en productes, béns o serveis. Aquest departament inclourà també les operacions de control, que tenen la funció de supervisar que el sistema de control automatitzat de la planta funcioni correctament sense irregularitats que puguin desencadenar en algun accident industrial.

Departament de manteniment: la seva funció principal és la de realitzar i/o supervisar totes les tasques de manteniment o neteja d'equips i instrumentació de la planta.

Departament de qualitat: és el responsable d'implementar mecanismes i processos que serveixin per optimitzar la qualitat del producte. Per aquesta raó ha d'estar en contacte permanent amb altres departaments i ha de verificar que el producte final segueix els paràmetres de qualitat establerts.

Departament mediambiental: s'encarrega del compliment de la normativa vigent en aquesta matèria, a més de contribuir en tot el que convingui per tal de ser una empresa amb una bona ètica.

Departament de seguretat i higiene: la seva funció principal és revisar i aprovar els protocols de seguretat, realitzar les inspeccions periòdiques, posar en marxa i millorar el programa de seguretat, identificar els riscos contra la salut i control de malalties, assessorar-se dels problemes de medi ambient, establir i fer complir tota la normativa de seguretat de l'empresa.

Departament de logística: és el responsable de la planificació i la gestió dels fluxos de materials de manera eficaç entre el proveïdor i el client. S'ocupa principalment de l'aprovisionament de matèries primeres, l'emmagatzematge, el control d'estocs, la distribució, traçabilitat del producte o logística inversa.

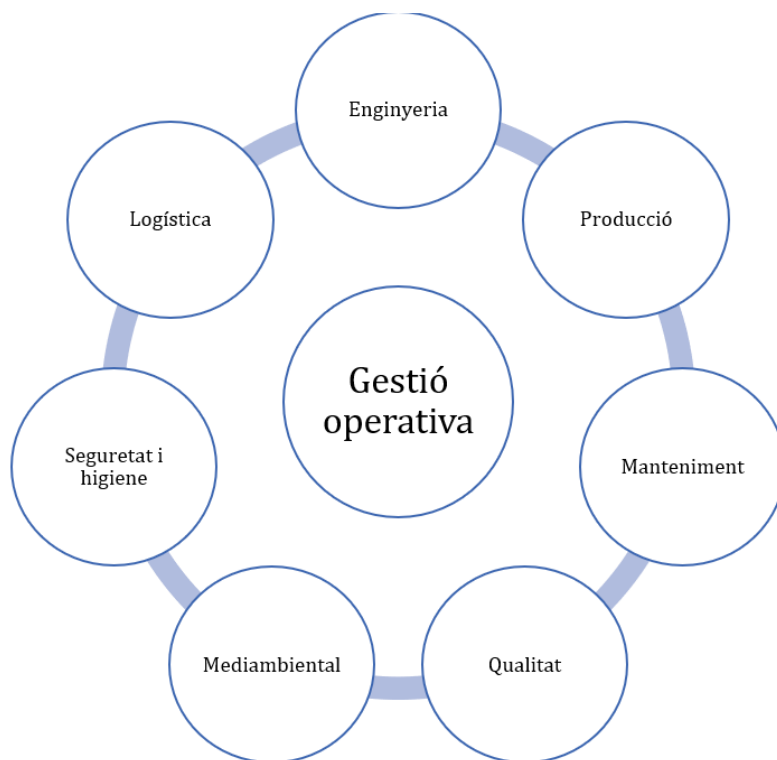


Figura 18: Organització de la Gestió Operativa.

La gestió de vendes i màrqueting estarà formada pels següents departaments:

Departament de màrqueting: considerat uns dels departaments cabdals de l'empresa junt amb el departament de vendes, d'ell depèn en part el seu èxit o el seu fracàs. S'encarrega dels estudis de mercat i de la promoció del producte principalment.

Departament de vendes: molt lligat al departament màrqueting, és el responsable d'analitzar i desenvolupar metodologies per aconseguir el major nombre de vendes, dissenyar plans d'acord amb la demanda i establir uns objectius clars i assequibles per tal d'aconseguir el creixement i millorar els resultats i estar en contacte permanent amb el client amb la finalitat de garantir la seva satisfacció.

Departament de compres: s'encarrega de portar els comptes de l'empresa, és a dir, s'encarreguen de les compres de matèries primeres, serveis, mà d'obra i els diferents costos de l'empresa que puguin sorgir en tot l'any.

Departament R + D + I: la seva funció principal és la d'investigar, desenvolupar i innovar noves tecnologies, desenvolupar processos òptims amb la finalitat de ser més competitiu, augmentar les vendes, la rendibilitat, obrir nous mercats o posicionar-te pel seu alt nivell d'innovació.

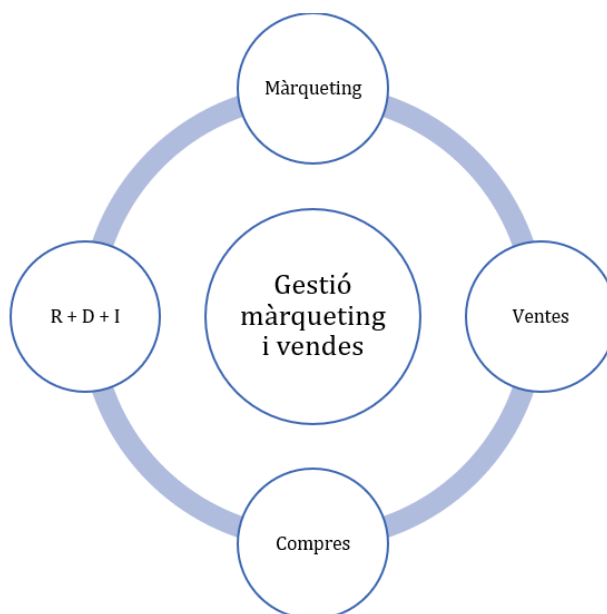


Figura 19: Organització de la Gestió de Màrqueting i Vendes.

La gestió administrativa consta dels següents departaments:

Departament legal i de recursos humans: es fa càrrec de la gestió dels recursos humans de l'empresa: organització i planificació del personal, reclutament de personal, selecció de personal, plans de carrera i promoció professional, plans de formació, control de personal, relacions laborals, prevenció de riscos laborals i funcions administratives. L'àrea legal s'encarrega de tot allò que fa referència als aspectes jurídics i legals de l'empresa, defensar i protegir els seus interessos i assessorar a la direcció en aquesta matèria.

Departament de finances: és el responsable d'analitzar l'estat financer de l'empresa mitjançant l'estudi del balanç de situació i del compte de pèrdues i guanys; gestionar i supervisar els recursos econòmics i financers de l'empresa per treballar amb les millors condicions de cost, rendibilitat i seguretat; gestionar de les variables financeres, és a dir, la revisió de la gestió de tresoreria, dels crèdits

demanats, de les inversions previstes i dels cobraments i pagaments; negociar amb les entitats bancàries i financeres per reduir les comissions bancàries i els interessos; optimitzar els costos fiscals de l'empresa (declaracions i impostos); supervisar la relació de l'empresa amb tercers: auditors/es externs/es, administracions, clients i proveïdors; preparar els comptes anuals mitjançant l'anàlisi del balanç de situació i de la memòria financera i econòmica de l'empresa (document amb informació financera) per a identificar la viabilitat de les inversions.

Departament IT: s'ocupa d'administrar les eines tecnològiques de l'empresa: manteniment d'equips i suport; optimització dels programes informàtics per a l'estandardització i automatització dels processos interns i de comunicació telemàtica; garantir la seguretat i privacitat dels usuaris i de l'empresa; gestió i assignació de comptes; instal·lació, configuració i actualització de software; valoració i avaluació de demandes i assessorament tècnic.

Departament d'administració: s'encarrega de les tasques administratives de l'empresa, és a dir les funcions principals funcions que engloba són la comptabilitat, correspondència, arxiu i secretaria. Des d'aquest departament també es gestiona els serveis generals externs de recepció, control d'accessos, vigilància i neteja.

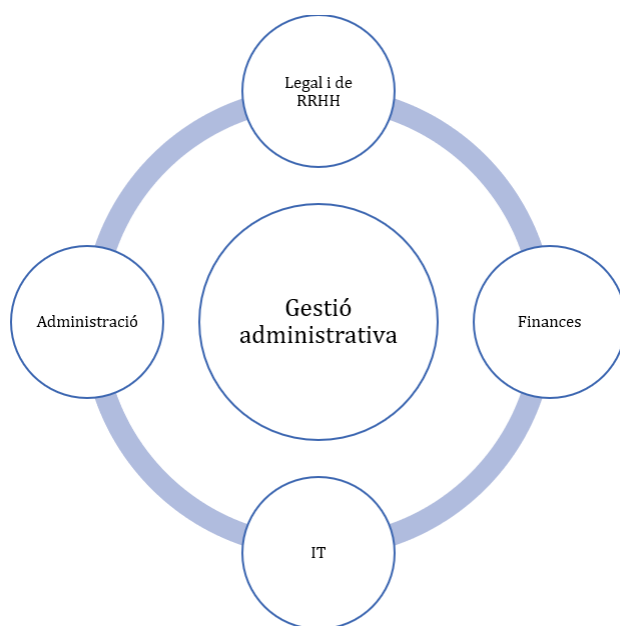


Figura 20: Organització de la Gestió Administrativa.

Un cop descrites les diferents àrees i departaments, es detalla a continuació els recursos humans necessaris que formen part de l'estructura empresarial, i que es defineixen en funció del nivell responsabilitat dins l'organització

- 1r nivell. Director general
- 2n nivell. Directors de departament: són els encarregats de supervisar i gestionar aquesta secció de la planta.
- 3r nivell. Encarregats dels departaments: són els operaris tècnics responsables de la seva àrea durant el torn en què es treballa.
- 4t nivell. Operaris i/o treballadors que estan sota les ordres del director de departament i que es faran càrrec de les diferents tasques de la planta que se li han assignat.

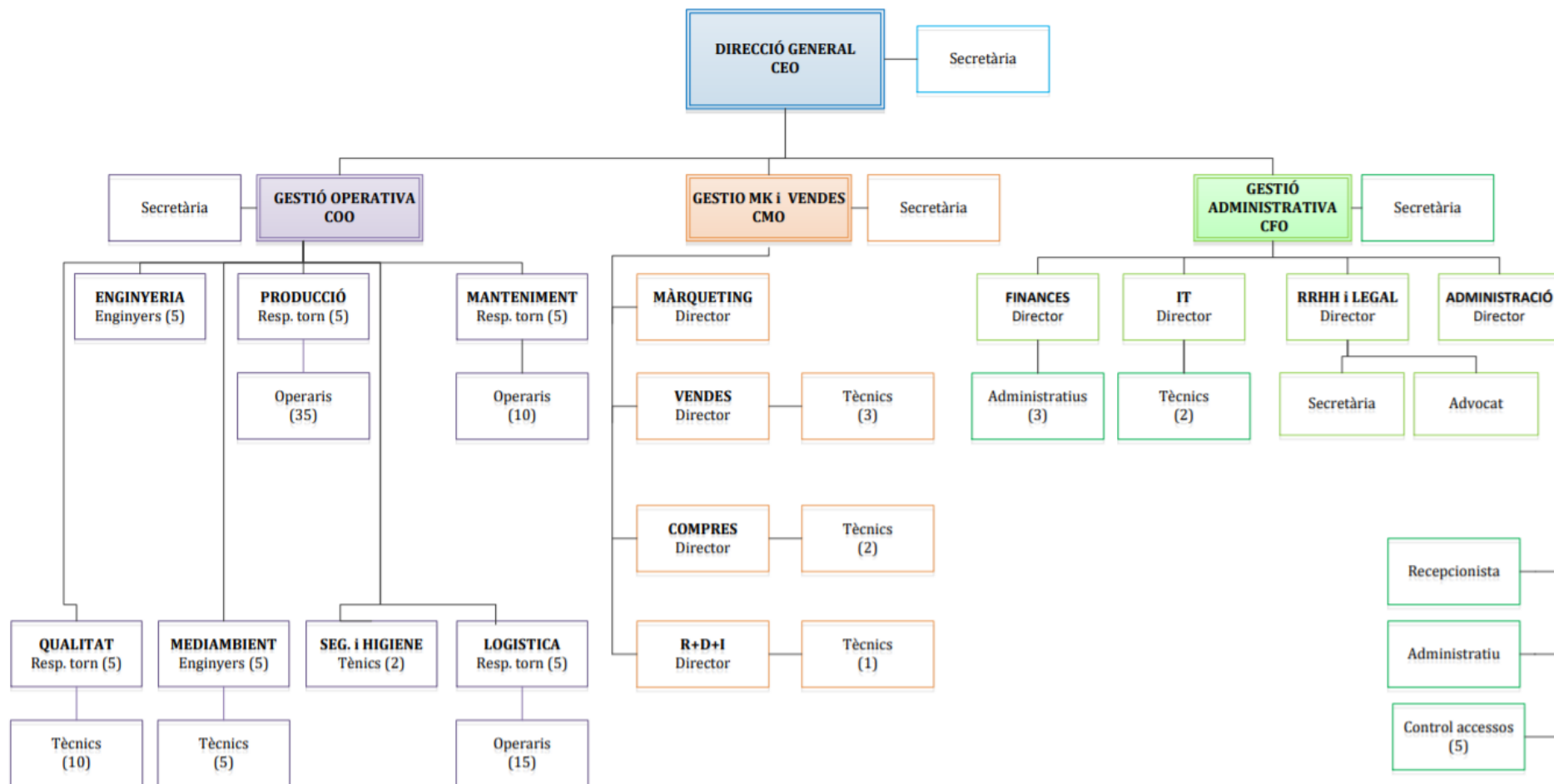


Figura 21: Organigrama d'Oxbee.

6. Especificacions dels serveis de planta

Per garantir un bon funcionament de la planta de producció d'àcid oxàlic, es requereixen una sèrie de serveis complementaris. Dintre d'aquests serveis es poden trobar tant fluids com energia. A més, és important garantir el subministrament d'aquests per evitar possibles complicacions que puguin interferir a la producció. En aquest apartat, s'estudien els diferents serveis, les seves característiques i les seves fonts d'obtenció.

6.1. Fluids

6.1.1. Aigua de xarxa

L'aigua de xarxa prové directament del subministrament extern de la parcel·la. S'utilitzarà per obtenir aigua de refrigeració i aigua desionitzada, després de ser tractada. És necessària per fer funcionar els equips del procés, el laboratori, els vestuaris i les oficines.

L'aigua de xarxa es distribueix a través d'una xarxa de canonades fins a l'àrea de serveis, aquestes no es troben aïllades i són regulades per vàlvules. No caldran bombes, ja que la pressió a la qual se subministra és suficient.

6.1.2. Aigua contra incendis

L'aigua contra incendis prové de l'aigua de xarxa. Subministra els equips d'extinció, per tant és considerada una mesura de seguretat. Aquesta s'emmagatzema en una bassa de reserva i serà impulsada per realitzar la seva distribució, fins als llocs propers a les zones amb risc d'incendi.

Tot i que l'aigua de xarxa arriba a una pressió màxima de 4 kg/cm², cal emmagatzemar-la perquè es pugui abastir la gran quantitat d'aigua a pressió necessària per extingir els possibles focs, en cas de necessitat.

6.1.3. Fluids de refrigeració

L'aigua de refrigeració s'utilitza com a fluid refrigerant en alguns equips de la planta, més concretament, en els reactors, els tancs d'emmagatzematge i pels precipitadors. Per aconseguir baixar la temperatura dels fluids provinents d'haver realitzat un intercanvi de temperatura en el procés, es poden utilitzar dos tipus d'equips depenent de la temperatura que es vulgui obtenir. Per determinar el cabal total d'aigua i de vapor d'aigua necessari, s'ha fet un recull dels cabals pel subministrament de tots els bescanviadors.

Cal destacar que els reactors tindran el seu propi sistema de refrigeració que està format per chillers i els precipitadors també constaran de refrigeració pròpia.

6.1.4. Oxigen

Per tal de dur a terme la reacció correctament de producció d'àcid oxàlic es necessita airejar el reactor amb un cabal constant d'oxigen. Però com que l'emmagatzematge d'oxigen porta moltes complicacions a nivell logístic, ja que s'hauria de liquar per estar en un tanc i després gasificar-lo amb un altre equip, no només porta complicacions de logística sinó també que és una gran despesa econòmica. Per tant, s'ha decidit que aquest oxigen vindrà subministrat per una empresa exterior a la planta de producció.

6.1.5. Aire

Aquest aire serà necessari principalment per l'assecador d'àcid oxàlic i així acabar de purificar-lo i així estar en les condicions òptimes per ser ja distribuït. L'aire s'obté de l'exterior i el propi equip el tractarà.

6.1.6. Aire comprimit

L'aire comprimit s'utilitza per al funcionament de les vàlvules de control. En el sistema d'aire comprimit és important una bona distribució, ja que un error en el disseny pot provocar una caiguda de pressió. Per determinar la quantitat d'aire comprimit, cal partir del nombre de vàlvules de control necessàries. Per tant, aquest

equip ha de ser capaç de subministrar, al mateix temps, aire al sistema pneumàtic a totes les vàlvules del procés i a tots els equips que en requereixin.

6.2. Energia

6.2.1. Electricitat

És la forma d'energia més usada a la planta OxBee, ja que ha de ser proveïda a totes les àrees. Per aquest servei es compta amb una connexió a una línia de 20kV a peu de parcel·la, i per tant es comptarà amb una estació transformadora que permet convertir el voltatge alt necessari per a l'alimentació a les diferents zones i equips de la planta, en aquest cas, s'ha de tenir en compte el consum de tots els equips de la planta i el consum per les oficines i edificis externs.

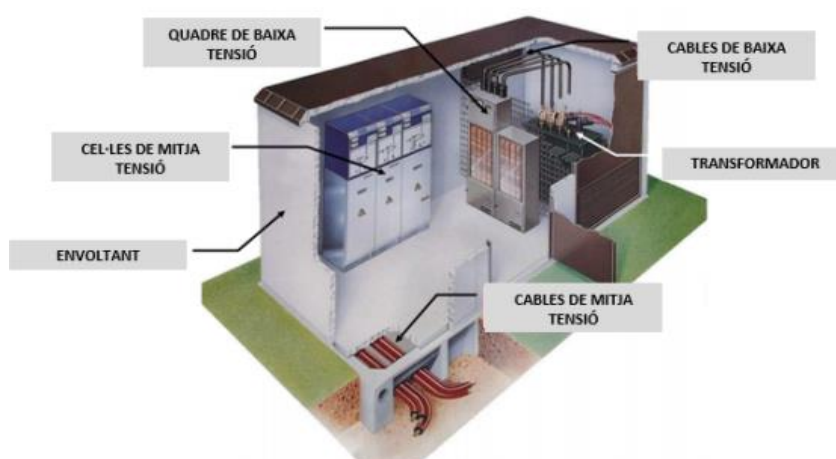


Figura 22: Estació de transformació elèctrica.

També es disposa d'un grup electrogen alternatiu per si l'estació transformadora deixés de subministrar electricitat per culpa de qualsevol fallada sobtada. En aquest cas es tracta d'un generador d'electricitat que podria arribar a abastir la majoria de la planta mitjançant gas natural com combustible.

6.2.2. Gas natural

El gas natural que s'usa a la planta OxBee s'utilitza com a combustible de les diferents calderes, les calderes de vapor d'aigua i així com per als grups electrògens.

Aquest combustible s'obté mitjançant una connexió a peu de parcel·la a una pressió mitjana de 1,5 kg/cm².

Així mateix, aquest servei també servirà per a l'aigua sanitària usada en les oficines.

7. Bibliografia

[1] *Documentació geogràfica de Tàrraga*. Consultat el 01/03/2021

<https://www.tarrega.cat/la-ciutat/planol-de-la-ciutat>

[2] *Documentació climatològica de Tàrraga*. Consultat el 03/03/2021

<https://es.weatherspark.com/y/45957/Clima-promedio-en-T%C3%A0rraga-Espa%C3%B1a-durante-todo-el-a%C3%B1o>

[3] *Documentació química sobre els compostos utilitzats en el treball*. Consultat el 05/03/2021.

<https://www.textoscientificos.com/quimica/>

[4] *IDESCAT: Institut d'Estadística de Catalunya, Estudi de població de Tàrraga*. Consultat el 25/03/2021.

<https://www.idescat.cat/>

[5] *TLV. Companya especialista en vapor. Aplicacions Principals pel vapor d'aigua*. Consultat el 06/04/2021.

<https://www.tlv.com/global/LA/steam-theory/principalapplications-for-steam.html>

[6] *ICIS: Independent Commodity Intelligence Services, US chemical profile*. Consultat el 01/04/2021.

<https://www.icis.com/explore/>