



BLOC 1

ESPECIFICACIONS DEL PROYECTE

1.1. DEFINICIÓ DEL PROJECTE	3
1.1.1. OBJECTIUS	3
1.1.2. ABAST DEL PROJECTE.....	3
1.1.3. BASES DEL DISSENY.....	3
1.1.4. ESPECIFICACIÓ DE LA INSTAL·LACIÓ	4
1.1.5. LOCALITZACIÓ DE LA PLANTA	4
1.1.5.1. PARÀMETRES D'EDIFICACIÓ I PLÀNOL DE LA PARCEL·LA	4
1.1.5.2. AVALUACIÓ DE LES COMUNICACIONS I ACCESSIBILITAT DE LA PLANTA	6
1.1.5.3. CARACTERÍSTIQUES DEL MEDI FÍSIC DE LA ZONA.....	7
CLIMATOLOGIA:.....	7
1.1.6. NOMENCLATURA	8
1.2. CARACTERÍSTIQUES I PROPIETATS DELS COMPOSTOS	9
1.2.1. PRODUCTE D'INTERÈS: ÀCID FÒRMIC.....	9
1.2.2. MATERIES PRIMERES	11
1.2.2.1. MONÒXID DE CARBONI	11
1.2.2.2. METANOL.....	12
1.2.2.3. FORMIAT DE METIL.....	12
1.2.2.4. AIGUA	13
1.2.3. SUBPRODUCTES I ALTRES COMPOSTOS	13
1.2.3.1. METÒXID DE SODI.....	13
1.2.4. CORROSIÓ I MATERIALS.....	14
1.2.4.1. SUBSTÀNCIES I MESCLES CORROSIVES	14
1.2.4.2. COMPATIBILITATS.....	15
1.2.4.3 MATERIALS SELECCIONATS.....	19
1.2.4.4. ALTRES FONTS DE DEGRADACIÓ.....	19
1.2.4.5. CONTROL DE LA CORROSIÓ DURANT EL TEMPS DE VIDA DE LA PLANTA	20
1.3. DESCRIPCIÓ DEL PROCÉS DE FABRICACIÓ	20
1.3.1. DIAGRAMA DE BLOCS	20
1.3.2. DIAGRAMA DE PROCÉS I DESCRIPCIÓ DETALLADA	23
1.6. BALANÇ DE MATÈRIA.....	27
1.5. ESPECIFICACIONS I NECESSITATS DE SERVEIS A LÍMIT DE PLANTA	33
1.6.1. SERVEIS REQUERITS PER LA PLANTA	33
1.6.2. FLUIDS	34
1.6.2.1. Oli tèrmic	34

1.6.2.2. AIGUA REFRIGERANT	35
1.6.2.3. VAPOR.....	35
1.6.2.4. AIGUA D'INCENDIS.....	36
1.6.2.5. AIGUA DE XARXA	37
1.6.2.6. AIGUA DESCALCIFICADA	37
1.6.2.7. NITROGEN	38
1.6.2.8. AIRE COMPRIMIT	39
1.6.3. ENERGIA	40
1.6.3.1 ELECTRICITAT	40
1.6.3.2. GAS NATURAL	40
1.7. PROGRAMACIÓ TEMPORAL I MUNTATGE DE LA PLANTA	42
1.8. BIBLIOGRAFIA	44

1.1. DEFINICIÓ DEL PROJECTE

1.1.1. OBJECTIUS

L'objectiu d'aquest projecte és el disseny d'una planta química que produeixi 75.000 tones a l'any d'àcid fòrmic al 90% de puresa.

La síntesi de l'àcid es duu a terme a partir de la carbonilació de metanol amb monòxid de carboni, produint format de metil (compost intermedi del procés). Posteriorment, al format de metil s'hi addiciona aigua per tal que es doni la reacció d'hidròlisi que produeix àcid fòrmic.

1.1.2. ABAST DEL PROJECTE

El projecte tracta els següents apartats:

- Disseny i especificacions de totes les unitats del procés de producció.
- Disseny de tot el sistema de control necessari per un funcionament correcte de la planta.
- Disseny de tot el sistema de seguretat i higiene adequat a la planta.
- Disseny pel mínim impacte mediambiental i processos de tractament de residus.
- Disseny físic de la planta.
- Estudi de la posada en marxa, parada i operació de la planta.

1.1.3. BASES DEL DISSENY

El projecte contempla les següents àrees:

- Unitats de procés i reacció per a la producció de l'àcid fòrmic.
- Unitats d'emmagatzemat de matèries primes i estació de càrrega i descàrrega.
- Emmagatzematge del producte acabat.
- Àrees de serveis.
- Oficines, laboratoris i vestuaris.
- Àrees auxiliars: aparcaments, control d'accessos, contra incendis, depuració d'aigües i gasos.

1.1.4. ESPECIFICACIÓ DE LA INSTAL·LACIÓ

La fabricació d'àcid fòrmic té els següents paràmetres fixats:

- Capacitat: 75.000 Tn/any.
- Funcionament: 300 dies/any .
- Concentració del producte: 90% de puresa.

1.1.5. LOCALITZACIÓ DE LA PLANTA

1.1.5.1. PARÀMETRES D'EDIFICACIÓ I PLÀNOL DE LA PARCEL·LA

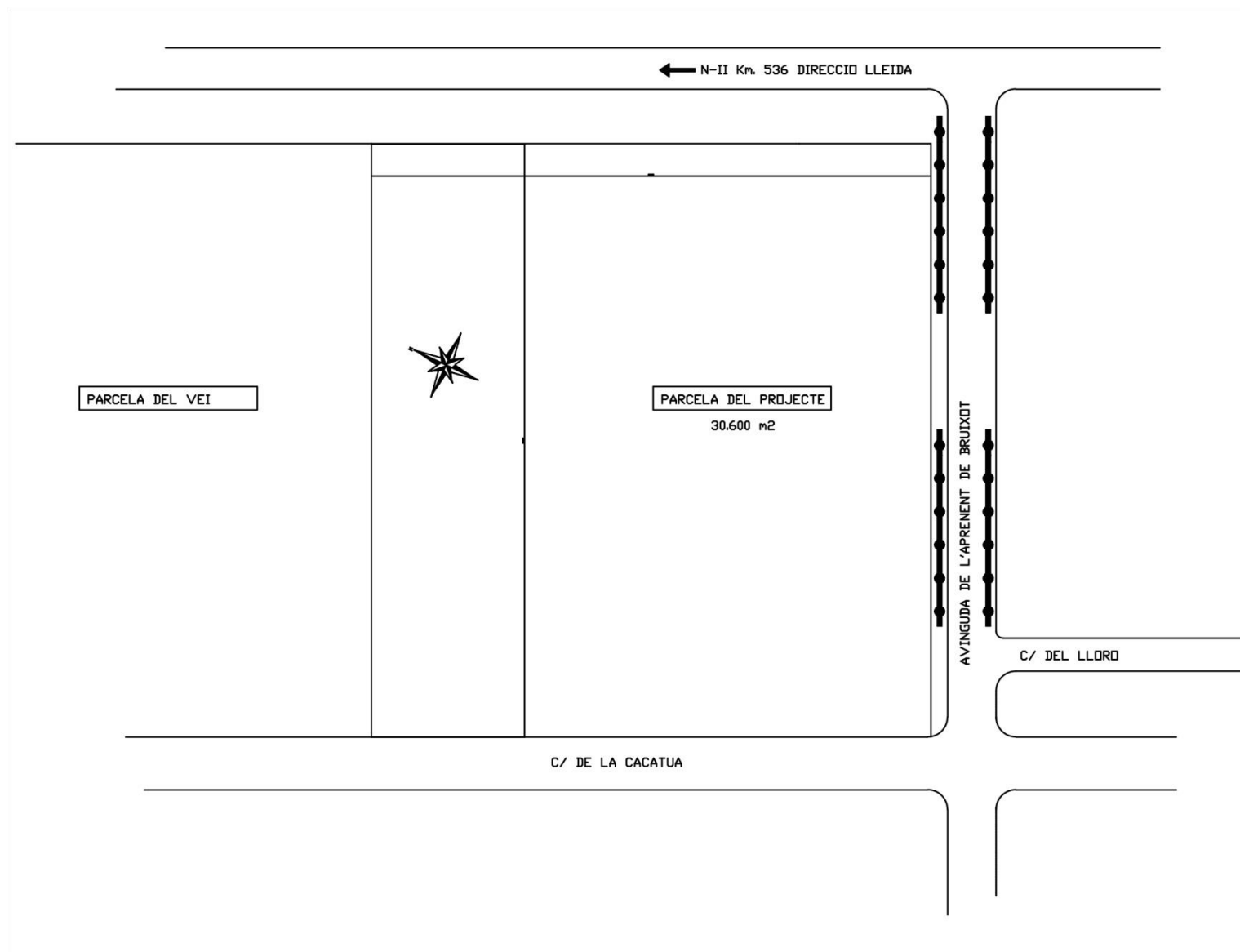
Aquest projecte està pensat per a la producció d'àcid fòrmic a Igualada, província de Barcelona; concretament al polígon industrial Clot del Bruixot. Hi ha certs factors que s'han de tenir en compte i que depenen de la situació geogràfica de la planta.

Els paràmetres d'edificació que contempla aquest polígon industrial es troben a la Taula 1:

Taula 1.1. Paràmetres d'edificació

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

A continuació es mostra el plànol de la parcel·la on queda emplaçada la planta de fabricació d'àcid fòrmic:



1.1.5.2. AVALUACIÓ DE LES COMUNICACIONS I ACCESSIBILITAT DE LA PLANTA

Les comunicacions i accessibilitat de la planta són de vital importància a l'hora de decidir l'emplaçament d'aquesta, ja que serà el punt de connexió per a l'entrada i sortida de les matèries primeres necessàries, a més del producte final.

Cal destacar que la planta d'àcid fòrmic disposa d'unes condicions molt bones per a la comunicació i accessibilitat per via terrestre, mitjançant carreteres i línies ferroviàries, per via aèria i per via marítima.

- Via terrestre. Les principals autovies i carreteres que passen per Igualada són l'A-2, C-37 i la C-15, comunicant aquest municipi amb Barcelona, Madrid, Alcover i la Vall d'en Bas. També disposa dels Ferrocarrils de la Generalitat de Catalunya, enllaçant-se així amb Barcelona.

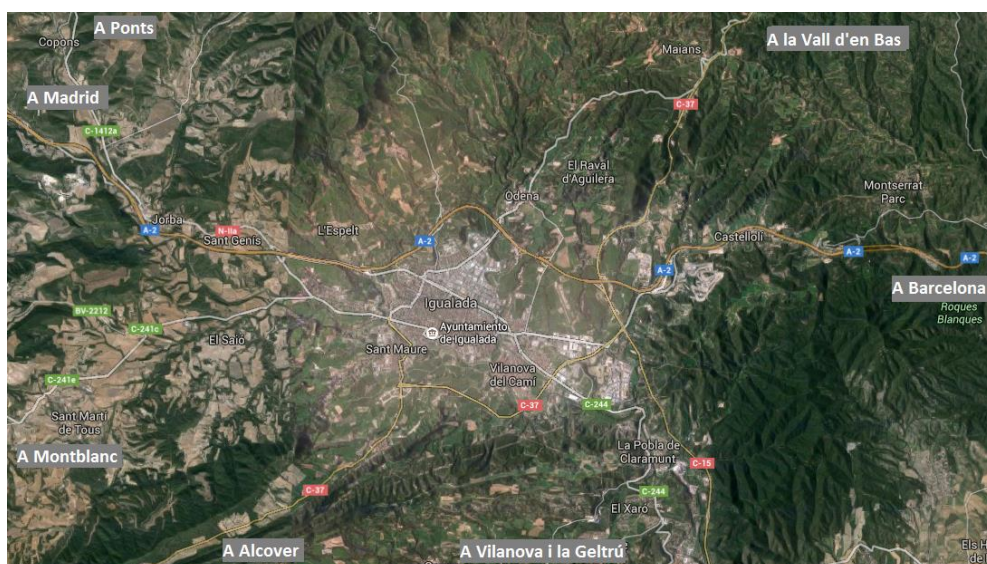


Figura 1.1. Xarxa de carreteres

- Via aèria: A una distància de 70 km d'Igualada hi ha l'aeroport de Barcelona-El Prat, un dels aeroports més importants d'Espanya. El següent aeroport, també important encara que no tant, més proper a Igualada és el de Girona-Costa Brava, situat a 140 km.
- Via marítima: A 70 km d'Igualada es troba el Port Vell, sent una via de fàcil comunicació amb el sud de França i altres ports de la península.

1.1.5.3. CARACTERÍSTIQUES DEL MEDI FÍSIC DE LA ZONA

En aquest apartat es descriuen les característiques importants que s'han de tenir en compte de la zona on es situa la planta química.

Climatologia:

El clima d'Igualada és Mediterrani, càlid i atemperat. Hi ha precipitacions durant tot l'any. La temperatura mitja anual és de 15°C, i la precipitació d'uns 600 mm a l'any. A la Figura 2 s'hi mostra el climograma de la zona [1]

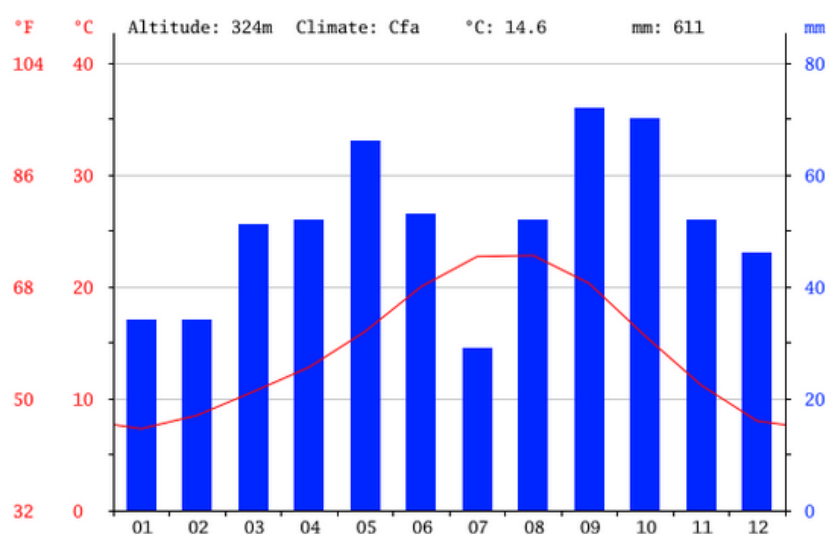


Figura 1.2. Climograma d'Igualada

La zona d'Igualada està considerada una zona de baix risc de terratrèmols. Com es pot observar a la Figura 3 (mapa de la sismicitat de Catalunya dels anys 1977-1997[2]) Catalunya es troba en una zona on la magnitud dels terratrèmols és molt baixa, i al centre (on es troba Igualada) gairebé no hi ha activitat sísmica.

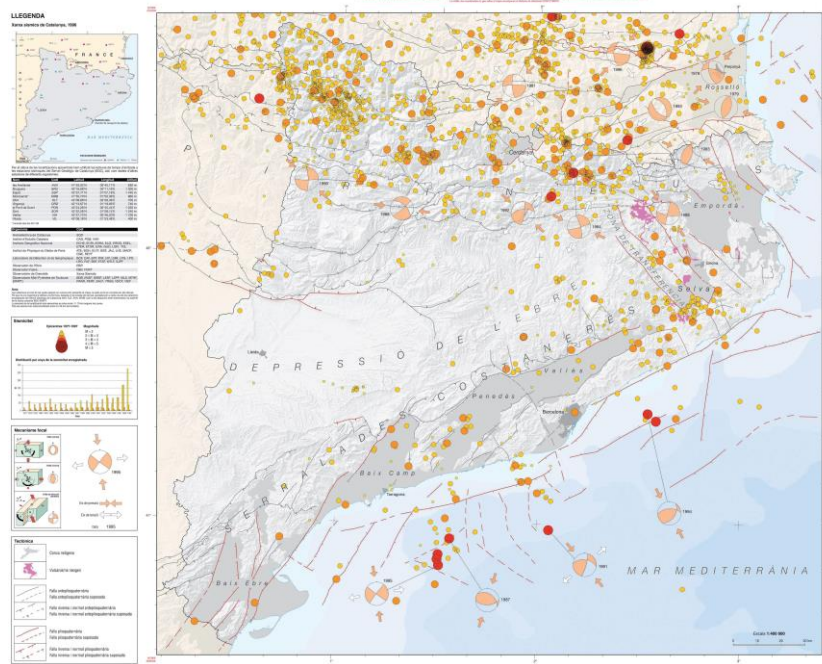


Figura 1.3. Mapa de sismicitat a Catalunya

1.1.6. NOMENCLATURA

En aquest apartat s'especifica la nomenclatura utilitzada durant tot el projecte per nombrar les àrees (Taula 2), equips (Taula 3) i fluids de procés (Taula 4).

Taula 1.2. Nomenclatura per a les àrees de la planta

Àrea	Descripció
A-100	Emmagatzematge de matèries primes
A-200	Reacció de carbonilació
A-300	Separació del Formiat de Metil
A-400	Reacció d'hidròlisi
A-500	Separació del Metanol
A-600	Purificació
A-700	Emmagatzematge de productes
A-800	Serveis
A-900	Sala de control
A-1000	Zona de càrrega i descàrrega
A-1100	Protecció contra incendis
A-1200	Tractament de residus
A-1300	Oficines, Laboratoris
A-1400	Aparcament
A-1500	Ampliacions

Taula 1.3. Nomenclatura dels equips

Equip	Codi
Tanc	T
Reactor	R
Columna de destil·lació	C
Bomba	P
Mesclador	M
Bescanviador	E
Columna flash	F
Columna d'extracció	N
Compressor	S
Torre de refrigeració	TR
Estació contra incendis	CI
Caldera	CL
Equip de desionització	ED

Taula 1.4. Nomenclatura dels compostos i corrents del procés

Fluid	Codi
Metanol	M
Metòxid de sodi	N
Monòxid de carboni	C
Formiat de metil	F
Aigua	A
Àcid fòrmic	H
1-octanol	O

Corrent procés	Codi
M, N	P1
M, N, F	P2
M, F	P3
A, H	P4
M, A, F, H	P5
M, A, H	P6
A, H, O	P7
C, D	R1

1.2. CARACTERÍSTIQUES I PROPIETATS DELS COMPOSTOS

1.2.1. PRODUCTE D'INTERÈS: ÀCID FÒRMIC

L'àcid fòrmic, també denominat àcid metanoic, es un àcid orgànic de un únic àtom de carboni, per tant es el àcid orgànic més simple.

L'àcid fòrmic es un àcid orgànic respectuós amb el medi ambient i eficient en moltes de les seves aplicacions. En el tractament de cuir, l'àcid fòrmic s'utilitza en la fixació del tint, o com a neutralitzador i ajustant el pH en moltes etapes del tractament del tèxtil. En la

producció d'oli de soja s'utilitza l'àcid fòrmic amb combinació amb peròxid d'hidrogen com a agent oxidant. En quan a la cura dels espais, neteja industrial i institucional, l'àcid fòrmic s'utilitza com desincrustant, així com biocida valuós en moltes aplicacions de neteja sota la marca Protectol FM.

Altres aplicacions de l'àcid fòrmic són l'ajust de pH en la dessulfuració de gasos de combustió, la coagulació de làtex entre d'altres. En qüestions de química, l'àcid fòrmic pot servir com a donador d'hidrur en diversos processos químics.

En l'alimentació animal l'àcid fòrmic conserva l'aliment. En aplicacions del petroli ajuda a dissoldre el carbonat de calci. El formiat de potassi, una sal de l'àcid fòrmic ajuda a la perforació de pous i la terminació de la indústria del petroli. La indústria farmacèutica utilitza l'àcid fòrmic en la producció de diversos ingredients farmacèutics actius.

Pel que fa a l'àcid fòrmic com a molècula, el grup carboxil es el que li confereix les propietats àcides. La base conjugada es veu estabilitzada per dos estructures de ressonància afavorint la seva acidesa, per tant, es pot afirmar que l'àcid fòrmic tot i ser un àcid d'origen natural és relativament fort.

Entre altres propietats, l'àcid fòrmic és líquid, incolor, irritant i completament soluble en aigua donada la seva cadena carbonatada es molt curta i fàcilment ionitzable. A continuació es mostra un esquema de la molècula.

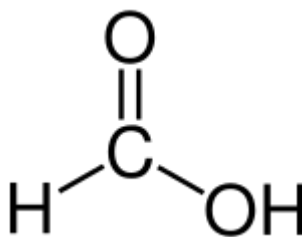


Figura 1.4. Molècula d'àcid fòrmic.

A la següent taula es recullen les propietats de major interès de l'àcid fòrmic:

Taula 1.5. Propietats de l'àcid fòrmic

Àcid fòrmic	
Formula química	CH ₂ O ₂
Pes molecular	46.03 g·mol ⁻¹
Aparença	incolor
Olor	Irritant
Densitat	1.220 g/mL
Temperatura de fusió	8.4 °C (47.1 °F; 281.5 K)
Temperatura d'ebullició	100.8 °C (213.4 °F; 373.9 K)
Solubilitat en aigua	Soluble
Pressió de vapor	35 mmHg (20°C)
Acidesa (pK _a)	3.77
Index de refracció (n _D)	1.3714 (20 °C)
Viscositat	1.57 cP a 268 °C

1.2.2. MATERIES PRIMERES

1.2.2.1. MONÒXID DE CARBONI

El monòxid de carboni té la següent formula química CO. Es un gas inodor, incolor i altament tòxic. Pot causar la mort quan s'aspira a nivells elevats. Es produeix per la combustió deficient de substàncies com gas, gasolina, querosè, carbó.... Les xemeneies, calderes, calentadors d'aigua i tots aquells aparells que cremen combustible son susceptibles de generar-lo si no funcionen bé.

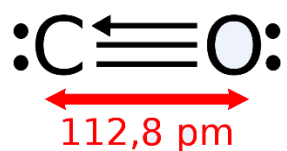


Figura 1.5. Estructura de la molècula de monòxid de carboni.

1.2.2.2. METANOL

El compost químic metanol té la següent fórmula química CH_3OH és el alcohol més senzill. A temperatura ambient es presenta com un líquid de baixa densitat, incolor, inflamable i tòxic que es utilitza com anticongelant, dissolvent i combustible.

El metanol es utilitza principalment com a combustible en combinació amb la gasolina. És elaborat a partir del metà o per piròlisi de diversos materials orgànics.

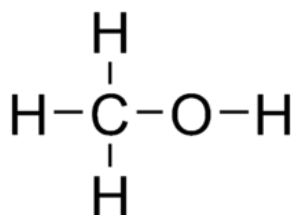


Figura 1.6. Estructura de la molècula de metanol.

1.2.2.3. FORMIAT DE METIL

El formiat de metil es un ester de metil provinent de l'àcid fòrmic. Es tracta del ester més senzill que es pot trobar, és un líquid incolor amb un olor eteri amb una alta pressió de vapor i baixa tensió superficial. El formiat de metil és un producte intermedi precursor de molts compostos d'interès industrials.

El formiat de metil és utilitzat principalment per la producció de formaldehid, dimetilformaldehid i àcid fòrmic. Compostos precursors o blocs importants per altres productes químics derivats.

Degut a la seva alta pressió de vapor, s'utilitza en processos d'assecat ràpid o com agent d'expansió en algunes aplicacions del poliuretà i com a substitut dels CFC, HCFC i HFC. El formiat de metil té un potencial zero en quan a esgotament de l'ozó i escalfament global. També es utilitza com insecticida.

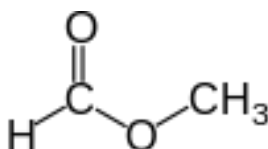


Figura 1.7. Estructura química de formiat de metil.

1.2.2.4. AIGUA

L'aigua és una substància la qual la seva molècula està conformada per dos àtoms de hidrogen i un d'oxigen, la seva fórmula química és la següent: H_2O . És essencial per a la supervivència de totes les formes de vida. El terme aigua generalment es refereix a la substància en estat líquid però es pot trobar en estat sòlid (gel) i en estat gas (vapor). El aigua cobreix el 71% de la superfície terrestre i és un dels compostos més comuns.

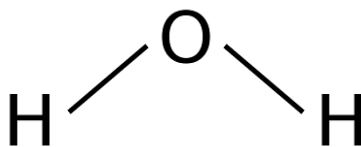


Figura 1.8. Estructura molecular de l'aigua.

1.2.3. SUBPRODUCTES I ALTRES COMPOSTOS

1.2.3.1. METÒXID DE SODI

El metoxi de sodi és un compost orgànic amb la següent fórmula química: $CH_3O^-Na^+$. És un sòlid incolor que es forma a partir de la desprotonació del metanol i es utilitza com a reactiu tant a nivell industrial com en el laboratori. És una base alcalina càustica molt perillosa.

El metoxi de sodi és utilitzat en el primer reactor (R-201) del procés com a catalitzador, està dissolt en el metanol i es precipita quan es desactiva.

En presència d'aigua genera una reacció molt exotèrmica, per tant en els processos en els que es veu implicat hauran de ser anhídrids.

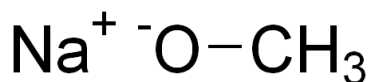


Figura 1.9. Estructura molecular del metoxi de sodi.

1.2.4. CORROSIÓ I MATERIALS

Un dels principals costos en una indústria química es deu al manteniment i substitució d'equips degut a la degradació dels materials. Resulta impossible evitar per complet el deteriori d'un equip al llarg del temps, però per altra banda, es possible minimitzar els seus efectes amb una bona elecció dels materials i les condicions en les que opera.

Existeixen varis factors que contribueixen a la degradació d'un material, com la erosió, corrosió, temperatura i/o esforços mecànics.

Entre tots els factors la principal causa del material és la corrosió. La corrosió es defineix como el deteriorament d'un material com a conseqüència d'un atac electroquímic en el seu entorn.

Per prevenir la corrosió es necessari conèixer les substàncies amb les que estarà en contacte el material i les seves condicions d'operació.

En el cas de la planta de producció d'àcid fòrmic no hi ha moltes substàncies corrosives però s'han de tenir en compte tots els compostos i dissenyar tenint com a paràmetre important de disseny la corrosió.

1.2.4.1. SUBSTÀNCIES I MESCLES CORROSIVES

En el procés de producció d'àcid fòrmic hi ha present diferents substàncies corrosives que ataquen a diferents materials i presenten incompatibilitat amb materials, a continuació es detallen les substàncies corrosives presents.

Taula 1.6. Substàncies corrosives.

Nom	Formula molecular
Àcid fòrmic	H-COOH

S'ha de contemplar que en moltes ocasions la substància corrosiva es pot trobar mesclada amb altre substàncies del procés de producció, els casos poden ser els següents:

- 1) Mescla de l'agent corrosiu amb un altre que no ho és, l'agent corrosiu queda diluït i la mescla resulta menys corrosiva.
- 2) Mescla de l'agent corrosiu amb un altre que no ho és, les substàncies no corrosives poden ajudar als mecanismes de corrosió provocant un

augment de les propietats corrosives i capacitant a la mescla a atacar a materials que si eren resistents.

Les mescles corrosives que es poden trobar a la planta són les següents:

- 1) Àcid fòrmic amb aigua.
- 2) Àcid fòrmic amb metanol.
- 3) Àcid fòrmic amb 1-octanol.

Generalitzant, en la planta es pot trobar l'àcid fòrmic en mescla amb totes les substàncies de la planta en excepció del monòxid de carboni.

1.2.4.2. COMPATIBILITATS

A continuació s'exposen gràfics sobre la compatibilitat d'alguns materials amb l'àcid fòrmic.

Corrosion of Five Alloys in Boiling Aqueous Formic Acid Solutions

Test Conditions: Average rate of duplicate specimens exposed in boiling 100-107 °C (212-223 °F) solutions for 96 hours except as noted. No aeration or deaeration.

Formic Acid	Corrosion Rate													
	Type 304 Stainless Steel				Type 316 Stainless Steel				Copper		C70600 (90-10 Cupro-Nickel)		Titanium	
	Test A		Test B*		Test A		Test B*							
	mm/y	mpy	mm/y	mpy	mm/y	mpy	mm/y	mpy	mm/y	mpy	mm/y	mpy	mm/y	mpy
1	.18	7	.36	14	.08	3	<.03	< 1	.03	1	.03	1	—	—
5	.79	31	1.07	42	.05	2	.20	8	.03	1	.03	1	—	—
10	1.34	53	1.52	60	.25	10	.20	8	.03	1	.03	1	13	5
20	1.93	76	1.75	69	.28	11	.20	8	.20	8	.41	16	2.41	95
40	3.45	136	2.39	94	.10	4	.25	10	.12	5	.33	13	—	—
50	4.24**	167**	2.11	83	.51**	20**	.28	11	.25	10	.53	21	3.05	120
60	3.45**	136**	2.11	83	.46**	18**	.23	9	.05	2	.03	1	—	—
70	4.04**	159**	2.31	91	.48**	19**	.25	10	.76	30	.71	28	—	—
80	4.29**	169**	2.13	84	.48**	19**	.25	10	.20	8	.13	5	—	—
90	3.28**	129**	2.11	83	.28**	11**	.28	11	.23	9	.18	7	<.03	<1

*Test solution changed each 24 hours of the 96-hour test.

**Test discontinued after 48 hours because of concentration of corrosion salts in solution.

Figura 1.10. Corrosió de cinc aliatges en solucions d'àcid fòrmic.

Corrosion of Alloys in Boiling Formic Acid Solutions

Test Conditions: Laboratory test results averaged from three separate 48-hour test periods in most cases.
 Tests conducted with and without aeration in acid concentrations noted.

Alloy	Corrosion Rate															
	10%				50%								80%			
	Un-aerated*				Un-aerated*				Aerated				Un-aerated*			
	Liquid	Vapor	Liquid	Vapor	Liquid	Vapor	Liquid	Vapor	Liquid	Vapor	Liquid	Vapor	Liquid	Vapor	Liquid	Vapor
	mm/y	mpy	mm/y	mpy	mm/y	mpy	mm/y	mpy	mm/y	mpy	mm/y	mpy	mm/y	mpy	mm/y	mpy
Mild steel	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	24.13	950	—	—	—	—
Type 430 stainless steel	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	11.26	444	.89	35	—	—
Type 304 stainless steel	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10.41	410	1.52	60	—	—
Type 316 stainless steel	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10.21	402	.81	24	—	—
Type 316 stainless steel	.18	7	.23	9	.23	9	.53	21	<.03	<1	.36	14	.18	7	<.03	<1
Type 317 stainless steel	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	.13	5	.13	—	—	—
CARPENTER alloy 20	—	—	—	—	—	—	<.03	<1	.30	12	.05	2	—	—	.03	<1
HASTELLOY alloy C	—	—	—	—	—	—	.10	4	.03	1	.05	2	—	—	.10	4
HASTELLOY alloy B	—	—	—	—	—	—	.51	20	.10	4	.08	3	—	—	.08	3
INCONEL alloy 600	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	.76	30	.84	25	1.24	45
MONEL alloy 400	<.03	<.1	.08	3	.23	9	.08	3	—	—	.03	1	.03	1	7.62	300
Nickel 200	.15	6	.15	6	.36	14	.43	17	.84	33	.61	24	.28	11	.69	27
Copper	.08	3	.18	7	.13	5	.28	11	—	—	.25	10	.15	6	14.30	563
EVERDUR 1010	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	.18	7	.23	9	3.30	130
Aluminum 3003	31.09	1224	21.89	862	—	—	31.70	1248	10.16	400	7.62	300	—	—	10	4
Titanium	.13	5	—	—	2.92	115	—	—	—	—	<.03	<1	—	—	—	—
Chromium carbide with 12% nickel binder	.51	20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

*Boiling solution without sparging of any gas.

Figura 1.11. Corrosió d'aliatges en solucions d'àcid fòrmic

Corrosion by Formic Acid Under Heat Transfer Conditions

Formic Acid Test Medium	Temperature				Corrosion Rate									
	Without Heat Transfer		With Heat Transfer*		Type 304 Stainless Steel		Type 316 Stainless Steel		CARPENTER alloy 20Cb-3		HASTELLOY alloy B		INCONEL alloy 600	
	°C	°F	°C	°F	mm/y	mpy	mm/y	mpy	mm/y	mpy	mm/y	mpy	mm/y	mpy
10% aqueous	101	214	—	—	18.85	742	.25	10	<.03	<1	.25	10	.89	35
	—	—	110	230	>25.4	>1000	.41	16	.05	2	1.27	50	1.85	73
	—	—	125	257	14.48	570	1.57	62	.20	8	1.42	56	1.68	66
	—	—	140	284	14.48	570	1.85	73	.69	27	2.03	80	1.52	60
50% aqueous	103	217	—	—	>25.4	>1000	.99	39	.15	6	.28	11	1.55	61
	—	—	110	230	>25.4	>1000	1.47	58	.23	9	.23	9	1.93	76
	—	—	125	257	>25.4	>1000	1.52	60	.33	13	.13	5	3.30	130
	—	—	140	284	>25.4	>1000	2.13	84	.31	12	1.13	5	2.92	115
89% aqueous	103	217	—	—	18.19	716	.25	10	.13	5	<.03	<1	1.02	40
	—	—	110	230	13.72	540	1.22	48	.10	4	.13	5	1.27	50
	—	—	125	257	12.7	500	1.02	40	.15	6	.08	3	1.93	76
	—	—	140	284	13.21	520	1.22	48	.25	10	.18	7	1.42	56

*Metal temperature.

Reference 10. See that publication for apparatus and technique used

Figura 1.12. Corrosió del àcid fòrmic sota condicions de transferència de calor.

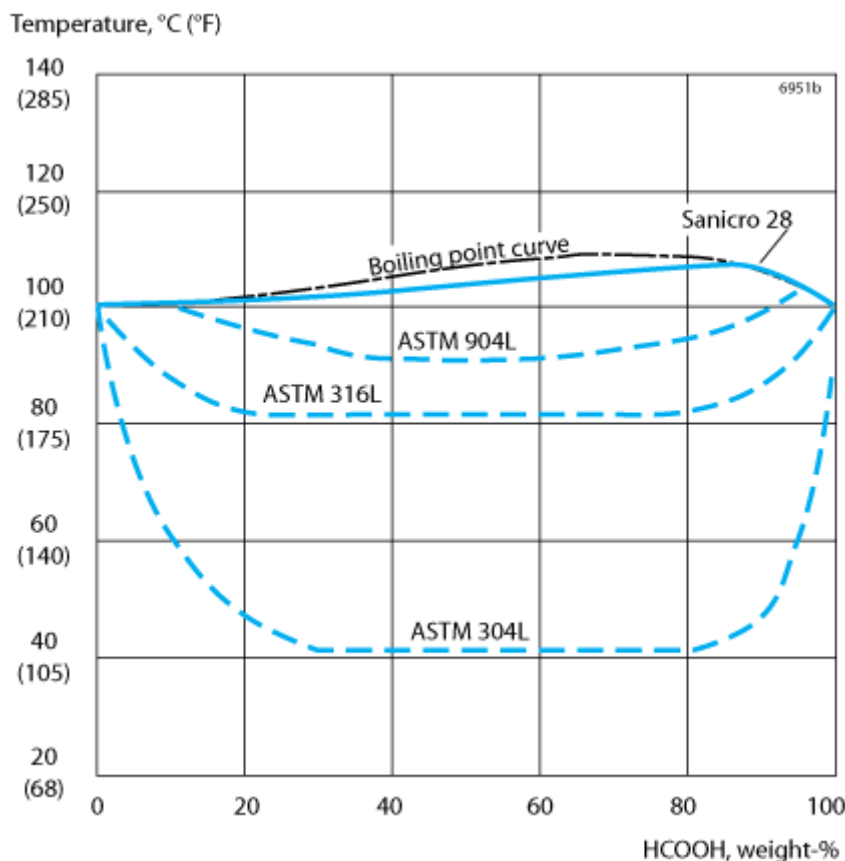


Figura 1.13. Gràfica d'isocorrosió de l'àcid fòrmic.

A l'hora de escollir un material per el procés s'han de tindre diversos criteris, dos dels criteris imprescindibles són el cost i la compatibilitat. La compatibilitat d'un material amb un altre es defineix en la quantitat de corrosió i degradació del material que permeten possible la utilització d'aquest per els equips.

El cost, per altra banda, vindrà imposat per el mercat. A continuació es mostra una taula especificant els costos de la canonada segons el material utilitzat.

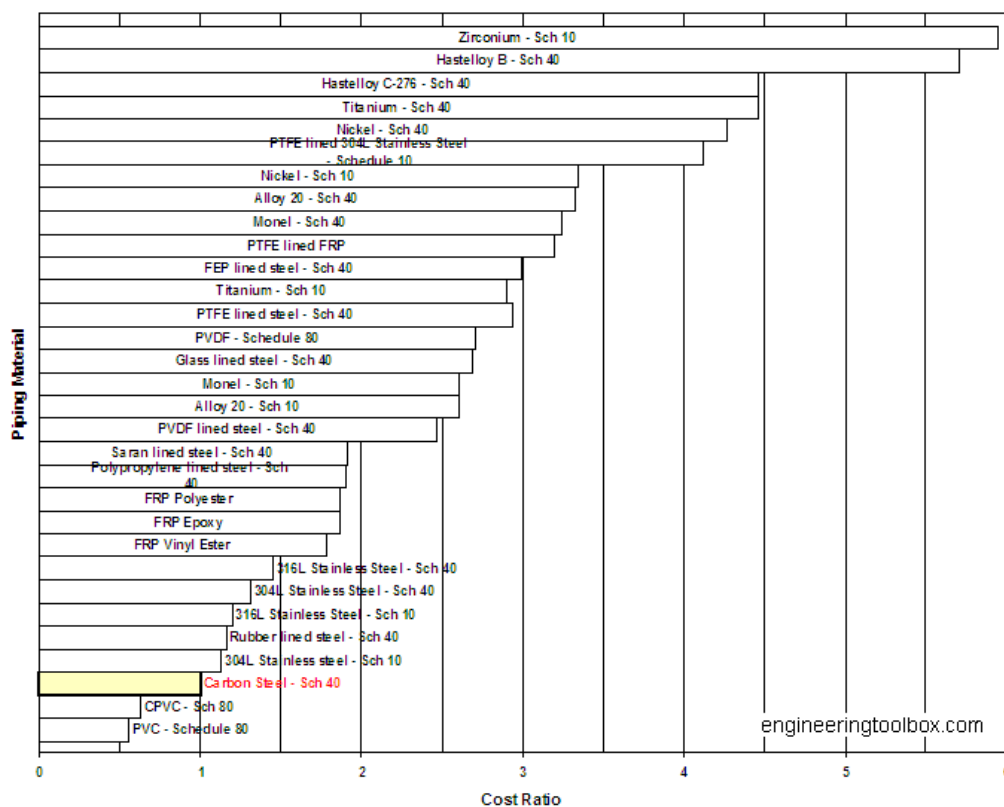


Figura 1.14. Relació cost de producció canonada en funció del material.

Es important arribar a una solució de compromís entre el cost del material i la compatibilitat del material, cal fer un anàlisi de sensibilitat i determinar si una reducció de la corrosió del material compensa el increment de cost del mateix.

En relació a aquest fet, els materials utilitzats en la planta de producció d'àcid fòrmic es situen en la zona baixa de la taula presentada.

1.2.4.3 MATERIALS SELECCIONATS

Analitzant les dades de compatibilitat de l'àcid fòrmic i dels altres compostos de la planta i tenint present el seu cost s'han escollit els següents materials per a la construcció de la planta:

Taula 1.7. Materials de la planta

MATERIAL	
STAINLESS STEEL 304	
STAINLESS STEEL 316 L	
STAINLES STEEL 904	
STAINLES STEEL 645	
STAINLESS STEEL 444	
INCONEL 625	
ACER AL CARBONI	GRAU C
	GRAU B

1.2.4.4. ALTRES FONTS DE DEGRADACIÓ

La corrosió produïda per les substàncies presents en el procés no són la única font de degradació dels materials. Altres agents de deteriorament poden ser el clima, substàncies externes al procés, esforços de deformació i vibracions que augmenten la degradació de l'equip. Per això també es important aplicar mesures de protecció als agents exteriors de deteriorament dels equips.

Per evitar problemes amb el clima, els equips més crítics del procés han d'ésser aïllats o protegits per inhibidors de la corrosió com pintures anticorrosives per protegir de la corrosió externa.

Per evitar problemes amb els esforços mecànics els equips han de estar correctament dissenyats per a que la circulació dels fluids no els facin vibrar. En el cas d'equips rotatius les vibracions del motor han d'amortiguar-se amb un correcte suport i juntes.

Un altre mètode de protecció dels esforços mecànics es el disseny dels suports per evitar esforços per el propi pes del equip com esforços producte de la dilatació tèrmica dels materials.

1.2.4.5. CONTROL DE LA CORROSIÓ DURANT EL TEMPS DE VIDA DE LA PLANTA

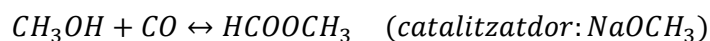
La planta de producció esta dissenyada amb un temps de vida útil, tot i que els equips més crítics estan dissenyats per aguantar el temps de vida útil, hi ha altres equips que tenen una vida útil menor a la de la planta o que es degraden abans de temps per un mal manteniment.

En regles generals, per evitar el mal manteniment, s'haurà de mantindre la protecció exterior en bones condicions, revisar, reposar anualment els equips en condicions altament corrosives ja que es preveu que s'hagin degradat amb l'ús i estudiar si existeixen punts on la corrosió sigui major del previst.

1.3. DESCRIPCIÓ DEL PROCÉS DE FABRICACIÓ

El procés de producció d'àcid fòrmic es basa en la carbonilació del metanol amb monòxid de carboni per formar formiat de metil, el producte intermedi, que posteriorment mitjançant la reacció d'hidròlisi, produeix àcid fòrmic.

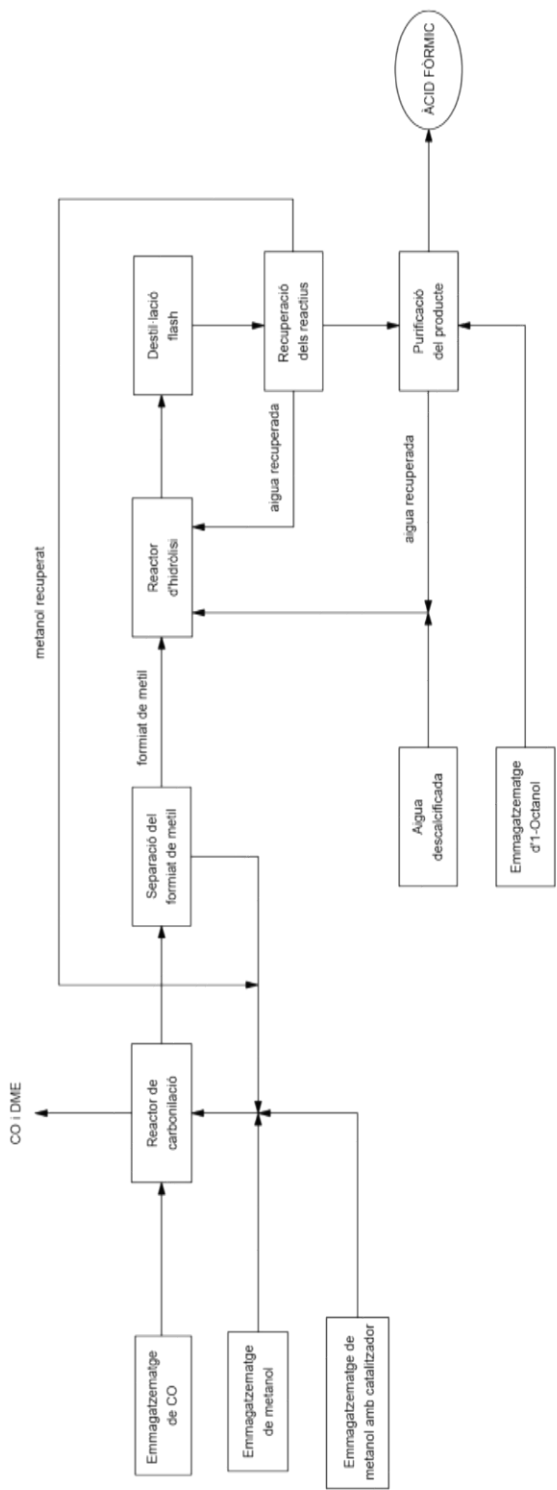
Les reaccions són les següents:



Aquestes es donen en dos reactors diferents. El primer és de bombolleig, i el segon és un RCTA (Reactor Continu de Tanc Agitat).

1.3.1. DIAGRAMA DE BLOCS

A continuació, es descriu el procés de producció d'àcid fòrmic mitjançant un diagrama de blocs.



Tal i com s'observa al diagrama de blocs, el procés consta de tres etapes principals i dues de recuperació dels reactius, que no s'han consumit als reactors. De manera general:

- La primera etapa és la de carbonilació del metanol per produir formiat de metil.
- La segona és la d'hidròlisi del formiat de metil per formar àcid fòrmic.
- Finalment, la tercera té com a objectiu purificar el producte fins a la concentració desitjada.

El metanol pur i el metanol amb un 30% en pes de metòxid de sodi entren (amb la proporció adequada) al mesclador, per evitar que es formin dues fases dins el reactor. El monòxid de carboni es vaporitza mitjançant un bescanviador de calor, ja que si utilitzéssim un gasificador, la baixada de pressió del gas provocaria una disminució de la temperatura que impossibilitaria la vaporització total del monòxid. Seguidament, el gas es comprimeix fins a la pressió del reactor (45 bars). Els dos reactius entren dins el reactor de bombolleig on es produeix el formiat de metil, aconseguint un 30% de conversió del metanol (que entra en excés) i un 95% del monòxid de carboni.

El corrent de líquid que surt del reactor entra dins la columna de destil·lació per tal de separar el formiat de metil del metanol, aquest últim serà recirculat al reactor de bombolleig.

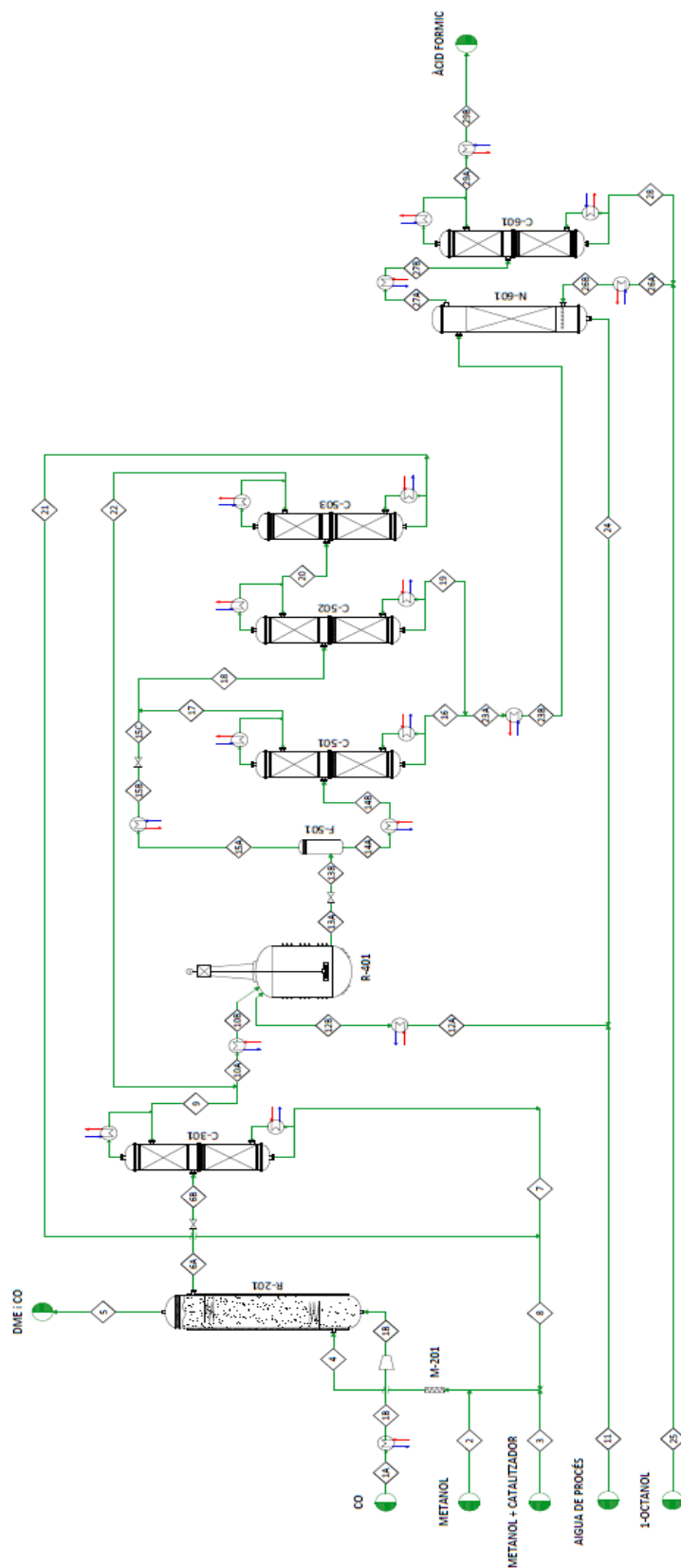
Per altra banda, el corrent de gas es condueix a un *RCO (Regenerative Catalytic Oxidizer)* per tal de cremar-lo, ja que juntament amb el monòxid hi haurà dimetil èter, degut a la reacció secundària del metòxid de sodi amb el formiat de metil.

El corrent de formiat de metil entra al reactor d'hidròlisi juntament amb aigua, on es forma àcid fòrmic i metanol. El corrent de sortida d'aquest reactor es dirigeix cap a la columna *flash*, on es separa ràpidament l'àcid fòrmic del metanol per evitar la reesterificació.

Seguidament, el corrent líquid de la *flash* entra a una columna de destil·lació, que opera al buit per tal de tenir una temperatura baixa que alenteixi la reacció de reesterificació de l'àcid, mentre aquest, juntament amb l'aigua, se separen totalment de la resta de components. Aquest darrer corrent s'uneix amb el corrent gas de la *flash* (prèviament condensat) i entra a l'àrea de separació dels diferents reactius, per poder-los recircular als reactors respectius.

Finalment, a la darrera àrea del procés, s'hi troba la columna d'extracció, on entra el residu de la columna al buit (àcid fòrmic juntament amb aigua). Mitjançant el 1-octanol, es transfereix l'àcid fòrmic de la fase aquosa a l'orgànica, i aquesta última, serà destil·lada, posteriorment, per tal d'aconseguir la concentració desitjada d'àcid fòrmic

1.3.2. DIAGRAMA DE PROCÉS I DESCRIPCIÓ DETALLADA



A la Figura 16 hi ha representat el procés escollit per a la producció d'àcid fòrmic.

El procés s'inicia, com s'ha esmentat amb anterioritat, amb la mescla de metanol pur juntament amb metòxid de sodi dissolt en metanol. En el mateix mesclador, també s'hi afegeixen els residus de les columnes C-301 i C-503 (prèviament units). Aquest corrent recirculat està compost bàsicament per metanol però també conté una petita quantitat de formiat de metil.

La recirculació de metanol també serveix alhora, per escalfar els corrents provinents dels tancs d'emmagatzematge, d'aquesta manera es redueix la despesa energètica del bescanviador posterior.

Per tal d'introduir el corrent de monòxid de carboni al reactor R-201 en fase gasosa i a la pressió i temperatura adequades, es vaporitza el gas líquid mitjançant un *reboiler*. Posteriorment, s'aprofitara l'increment de temperatura degut a la compressió del gas, per acabar-lo d'escalfar a la temperatura desitjada.

Al reactor de bombolleig R-201 hi té lloc la carbonilació de metanol, produint formiat de metil (producte intermedi del procés). Aquesta reacció té lloc amb un excés del 217% de metanol, a 80°C i a 45 atmosferes, és exotèrmica i per tant és necessari refrigerar el reactor per mantenir la temperatura constant, en addició, la temperatura dels reactius a l'entrada serà menor als 80°C, per ajudar a la seva refrigeració

El reactor té dues sortides, una de gas i l'altre de líquid; la de gas està composta per monòxid de carboni que no ha reaccionat i dimetil èter (producte de la reacció secundària del formiat de metil amb el catalitzador).

Aquesta reacció secundària també produeix formiat de sodi, que precipita i forma incrustacions a la paret del reactor, a la de les canonades que condueixen el fluid des del reactor fins a la columna C-301, i des de les cues de la columna fins a la mescla inicial de reactius; per tant, s'haurà de fer una neteja mensual d'aquests elements. El motiu pel qual aquest compost no es pot trobar més enllà de la columna C-301 és que la sal no s'evapora.

La sortida de líquid del reactor R-201 està composta per formiat de metil, metanol i metòxid de sodi, i és dirigida cap a la columna C-301, on se separarà el formiat de metil del metanol i el metòxid, en la mesura del possible.

El destil·lat de la columna C-301 entra dins el RCTA R-401 a 20 bars i 100°C, on es donarà l'hidròlisi del formiat de metil per la producció d'àcid fòrmic i metanol. Aquesta reacció està autocatalitzada per l'excés d'aigua, que és d'un 80%. Si tinguéssim un excés d'aigua major, la conversió final seria també més alta, ja que amb aquestes condicions, només un 35% del

formiat de metil es converteix en àcid fòrmic, però alhora, si hi afegíssim més aigua, la concentració posterior de l'àcid seria molt més difícil.

Just després del reactor R-401 es condueix la sortida cap a una columna *flash*, el motiu d'aquesta separació és per la necessitat de segregar ràpidament l'àcid fòrmic del metanol, per tal d'evitar la reesterificació. En addició, el corrent de líquid que surt de la *flash* es dirigeix cap a la columna C-501, que opera a 0,5 atmosferes per tal de treballar a un rang de temperatures baix, que disminueixi la velocitat de la reacció de reesterificació de l'àcid.

El destil·lat de la columna C-501 s'uneix amb el vapor de la *flash* un cop condensat, i es dirigeix cap a la columna C-502, on comença la separació dels diferents reactius. Per una banda, el residu d'aquesta columna s'uneix amb el residu de la columna C-501, ja que tenen una composició semblant. Per l'altra banda, el destil·lat es condueix cap a la columna C-503, on se separa, en la mesura del possible, el metanol del formiat de metil, que es recircularan als reactors R-201 i R-410 respectivament.

Un fet important d'aquesta àrea de recuperació dels reactius és que s'ha de vigilar que el corrent de metanol que es recircula no contingui més de 250 ppm d'aigua, ja que aquesta, juntament amb el metòxid de sodi, provoca una reacció violenta.

Tornant al corrent que conté aigua i àcid fòrmic (provinent de les columnes C-501 i C-502), es dirigeix cap a la columna d'extracció, per tal de transferir l'àcid fòrmic de la fase aquosa a l'orgànica, ja que d'aquesta manera es fa possible la purificació del producte final mitjançant l'operació de destil·lació.

Mantenint l'àcid a la fase aquosa seria impossible la seva concentració fins a un 90%, ja que la mescla d'aigua i àcid fòrmic forma un azeòtrop que fins i tot, a 0,1 atmosferes, no es podria superar el 55% de puresa. Però tenint àcid fòrmic amb 1-octanol (la fase orgànica), sí que es pot assolir el 90% de puresa a la posterior columna de destil·lació (C-601).

A la columna d'extracció, la fase dispersa està composta bàsicament per 1-octanol, i la sortida d'aquesta fase, es dirigeix cap a la columna de destil·lació C-601, mentre que la sortida de la fase dispersa es retorna al reactor R-401, ja que està composta per aigua bàsicament.

El producte final surt per caps de la columna C-601, per les cues s'obté el corrent de 1-octanol, amb una mica d'aigua i àcid fòrmic, que es recircula a la columna d'extracció.

1.6. BALANÇ DE MATÈRIA

A continuació es presenten els cabals màssics dels diferents corrents del procés de producció, detallats per l'estat d'operació normal de la planta, és a dir, en estat estacionari.

El balanç és la base pel disseny de tots els equips que configuren la planta d'àcid fòrmic, és a dir, l'eina utilitzada per tal de dimensionar tots els elements amb la capacitat suficient per produir la quantitat desitjada d'àcid fòrmic.

Enlloc de sobredimensionar la producció, s'ha decidit sobredimensionar només els equips que es creuen necessaris. Per prendre la decisió sobre quins equips cal sobredimensionar, s'ha fet un balanç qualitatiu entre el que costa mantenir-los sobredimensionats o tornar-los a construir, i partint d'aquesta idea s'ha escollit sobredimensionar només els tancs d'emmagatzematge, els reactors, les columnes de destil·lació, la d'extracció i la *flash*.

Número de corrent	1			2		3		4		5	
	1A	1B	1C								
Temperatura (°C)	-170	-38	77.5	30		30		76.3		80	
Pressió (bar)	15	15	45	3.55		3.55		45		45	
Densitat (Kg/m ³)	644.4	21.82	42.57	780.9		960		747.2		42.77	
Cabal molar (Kmol/h)	259.6			75		0.6		1072.5		13	
Cabal volumètric (m ³ /h)	11.28	333.25	170.81	3.1		0.023		48.5		8.51	
Fase	L	G	G	L		L		L		G	
Codi del fluid	C			M		P1		P2		R1	
Compost	Cabal màssic (Kg/h)		Fracció màssica	Cabal màssic (Kg/h)	Fracció màssica	Cabal màssic (Kg/h)	Fracció màssica	Cabal màssic (Kg/h)	Fracció màssica	Cabal màssic (Kg/h)	Fracció màssica
CO	7271.5		1.00							363.6	1.00
CH ₃ OH				2403.0	1.00	15.26	0.70	32136.1	0.89		
NaOCH ₃						6.543	0.30	824.0	0.02		
DME										0.41	0.00
H ₂ O											
CH ₃ COOH								3259.3	0.09		
HCOOH											
1-Octanol											
TOTAL	7271.52		1.00	2403.00	1.00	21.80	1.00	36219.41	1.00	363.99	1.00

Número de corrent	6		7		8		9		10		11
	6A	6B							10A	10B	
Temperatura (°C)	80	80	94		79.7		70		47	100	25
Pressió (bar)	45	3.55	3.55		3.55		3.55		22	20	1.01
Densitat (Kg/m ³)	792.4	794.7	719.7		740.7		887.6		924.8	839.2	1007
Cabal molar (Kmol/h)	1072.5		737.7		997.04		295.1		728.5		244.9
Cabal volumètric (m ³ /h)	54.4	54.3	34.7		45.6		19		45.9	50.6	4.4
Fase	L		L		L		L		L		L
Codi del fluid	P2		P2		P2		P3		P3		A
Compost											Fracció màssica
	Cabal màssic (Kg/h)	Fracció màssica	Cabal màssic (Kg/h)	Fracció màssica	Cabal màssic (Kg/h)	Fracció màssica	Cabal màssic (Kg/h)	Fracció màssica	Cabal màssic (Kg/h)	Fracció màssica	
CO											
CH ₃ OH	24234.3	0.56	21991.45	0.88	29717.87	0.88	945.50	0.06	1500.95	0.04	
NaOCH ₃	823.5	0.02	823.51	0.03	823.52	0.02					
DME											
H ₂ O											1.00
CH ₃ COOH	18069.1	0.42	2169.3	0.09	3259.27	0.10	15948.68	0.94	40933.32	0.96	
HCOOH											
1-Octanol											
TOTAL	43126.87	1.00	24984.26	1.00	33800.66	1.00	16894.18	1.00	42434.27	1.00	1.00

Número de corrent	12		13		14		15			16	17
	12A	12B	13A	13B	14A	14B	15A	15B	15C		
Temperatura (°C)	37.1	98	100	100	95	73	95	65	65	82	25
Pressió (bar)	22	20	20	4	1.8	1.68	1.8	1.68	1.01	1.01	1.01
Densitat (Kg/m ³)	1002	952.8	899.2	897.1	950.6	975.9	2.36	907.4	907.4	1035	940.9
Cabal molar (Kmol/h)	1234.8		1963.3		956.6		927.9			769.5	187.2
Cabal volumètric (m ³ /h)	22.4	23.6	72	72	27	26	15345.6	39.9	39.9	17.8	8.04
Fase	L		L	L	L	L	G	L	L	L	L
Codi del fluid	P4		P5		P5		P5			P4	P5
Compost	Cabal màssic (Kg/h)	Fracció màssica	Cabal màssic (Kg/h)	Fracció màssica	Cabal màssic (Kg/h)	Fracció màssica	Cabal màssic (Kg/h)	Fracció màssica	Fracció màssica	Cabal màssic (Kg/h)	Fracció màssica
CO											
CH ₃ OH			8619.68	0.13	2145.46	0.08	6243.28	0.17		2159.24	0.29
NaOCH ₃											
DME											
H ₂ O	22085.59	0.98	18086.30	0.28	11880.97	0.47	5678.75	0.16	0.16	10942.29	0.60
CH ₃ COOH			27591.25	0.43	4021.07	0.16	21730.95	0.60	0.60	4271.72	0.56
HCOOH	360.76	0.02	10587.83	0.16	7485.49	0.29	2562.67	0.07	0.07	7438.22	0.40
1-Octanol											
TOTAL	22446.35	1.00	64885.06	1.00	25532.99	1.00	36215.66	1.00	1.00	18380.51	1.00
										7569.41	1.00

Número de corrent	18	19	20	21	22		23	
							23A	23B
Temperatura (°C)	58	98	34	53	32		87.6	30
Pressió (bar)	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01		1.01	1.01
Densitat (Kg/m ³)	914.5	973.9	907.3	774.6	953.3		944.5	1049
Cabal molar (Kmol/h)	1115.1	422.3	692.8	259.3	433.4		1191.8	
Cabal volumètric (m ³ /h)	47.8	9.8	37.9	11.4	26.8		28.1	26.6
Fase	L	L	L	L	L		L	L
Codi del fluid	P5	P6	P3	P3	P3		P6	
Compost	Cabal màssic (kg/h)	Fracció màssica	Cabal màssic (kg/h)	Fracció màssica	Cabal màssic (kg/h)	Fracció màssica	Cabal màssic (kg/h)	Fracció màssica
CO								
CH ₃ OH	8402.52	0.19	135.30	0.01	8213.01	0.24	7726.41	0.88
NaOCH ₃								
DME								
H ₂ O	6386.36	0.15	6309.16	0.66				
CH ₃ COOH	26002.67	0.59			26209.66	0.76	1089.97	0.12
HCOOH	2993.52	0.07	3110.16	0.33				
1-Octanol								
TOTAL	43785.07	1.00	9554.62	1.00	34422.67	1.00	8816.38	1.00
							25540.09	1.00
							27935.13	1.00

Número de corrent	24		25		26		27		28		29	
	Cabal màssic (Kg/h)	Fracció màssica	Cabal màssic (Kg/h)	Fracció màssica	Cabal màssic (Kg/h)	Fracció màssica	Cabal màssic (Kg/h)	Fracció màssica	Cabal màssic (Kg/h)	Fracció màssica	Cabal màssic (Kg/h)	Fracció màssica
Temperatura (°C)			25		146.3	30	30	110	146		101.3	30
Pressió (bar)			1.01		1.01	1.01	2	1.65	1.01		1.5	1.26
Densitat (Kg/m ³)			1196		741.8	850.8	871.4	847.1	741.5		1057	1158
Cabal molar (Kmol/h)			989.9		332.7		562.2		325.1			247.7
Cabal volumètric (m ³ /h)			15.08		47.3	41.2	51.49	52.9	46.3		10.1	9.2
Fase			L		L		L		L		L	
Codi del fluid			P4				P7		P7			P7
Compost	Cabal màssic (Kg/h)	Fracció màssica	Cabal màssic (Kg/h)	Fracció màssica	Cabal màssic (Kg/h)	Fracció màssica	Cabal màssic (Kg/h)	Fracció màssica	Cabal màssic (Kg/h)	Fracció màssica	Cabal màssic (Kg/h)	Fracció màssica
CO												
CH ₃ OH												
NaOCH ₃												
DME												
H ₂ O	17677.16	0.98			701.87	0.02	1121.87	0.03	686.00	0.02	634.80	0.06
CH ₃ COOH												
HCOOH	360.76	0.02			2105.62	0.06	11667.45	0.26	2058.00	0.06	9627.80	0.90
1-Octanol				1.00	32286.24	0.92	32085.50	0.72	31556.00	0.92	423.20	0.04
TOTAL	18037.92	1.00	730.24	1.00	35093.74	1.00	44874.82	1.00	34300.00	1.00	10685.80	1.00

1.5. ESPECIFICACIONS I NECESSITATS DE SERVEIS A LÍMIT DE PLANTA

Els serveis de la planta constitueixen totes aquelles operacions auxiliars als procés de producció que són els encarregats de fer funcionar-lo com de regular el procés. Els Serveis requerits per la planta es conformen de dos topologies, continus o intermitents. L'objectiu dels serveis es realitzar una tasca d'aportar o retirar energia o matèria al procés.

Els serveis representen la part més significativa dels costos de operació de la planta a la vegada que representen la part més imprescindible de la planta, ja que sense els serveis l'operació en el procés s'hauria d'aturar, per tant, els serveis deuen de ser fiables, de qualitat, constant i disponibles en excés.

1.6.1. SERVEIS REQUERITS PER LA PLANTA

Els serveis requerits per la planta es classifiquen en dos tipus: fluids o energètics. Generalment, els serveis que s'ocupen de la part d'aportar o retirar energia són primordials i s'obtenen fora de la planta, per altra banda, els serveis que són fluids es solen elaborar a la planta pròpia a partir de les energies i són els que donen la capacitat d'operar al procés.

A la següent taula es descriu els serveis, dividits en fluids i energies, requerits per la planta de producció d'àcid fòrmic proposada.

Taula 1.8 Especificació del serveis necesàris.

SERVEI	TIPUS	FONT
Electricitat	Energia	Extern i intern
Gas natural	Energia	Extern
Aigua de xarxa	Fluid	Extern
Aigua de refrigeració	Fluid	Intern
Oli tèrmic	Fluid	Intern
Vapor	Fluid	Intern
Aigua descalcificada	Fluid	Intern
Nitrogen	Fluid	Extern
Aire comprimit	Fluid	Intern

L'àrea on es troben els serveis es la denominada 800, i té la següent denominació:

Taula 1.9 Denominació de l'àrea de serveis.

AREA 800: SERVEIS		
NOM	FLUID	DENOMINACIÓ
801	VAPOR	V
802	VAPOR CONDENSAT	VC
803	AIGUA FREDA	AR1
804	AIGUA ESCALFADA	AR2
805	OLI TÈRMIC CALENT	T661
806	OLI TÈRMIC REFREDAD	T662

1.6.2. FLUIDS

1.6.2.1. OLI TÈRMIC

Utilitat en planta: Escalfar corrents que majors de 150°C

Requisits: Gas natural.

Equip necessari: Caldera d'oli tèrmic.

S'ha escollit un oli tèrmic, Therminol 66 per la incompatibilitat d'una part del procés per utilitzar vapor per escalfar-se. L'oli tèrmic calent s'aconsegueix mitjançant una caldera d'oli tèrmic que escalfa aquest oli fins la temperatura desitjada. En operació la caldera requereix de gas natural per el funcionament de la resistència que escalfa l'oli tèrmic.

La següent taula recull els consumidors d'aquest servei en la planta.

Taula 1.10 Necessitats d'oli tèrmic

		LLISTAT DE CONSUMIDORS DEL SERVEI D'OLI TÈRMIC		FULL 1 DE 1	Planta de producció d'àcid fòrmic
				Data: 20/06/2016	Localitat: Igualada
ÍTEM	DESCRIPCIÓ	CABAL MÀSSIC (kg/h)	CABAL VOLUMÈTRIC (L/h)	POTÈNCIA (kW)	T sortida (°C)
E-602	Reboiler columna C-601	25989	29366	824.5	200
TOTAL	1	25989	29366	824.5	200

S'estima que l'oli tèrmic que s'haurà de reposar anualment al sistema, ja sigui per pèrdues, malbaratament, etc... Serà un 1% del cabal circulant per el procés.

1.6.2.2. AGUA REFRIGERANT

Utilitat en planta: Refredar els corrents que ho necessiten en condicions moderades.

Requisits: Aigua de xarxa, electricitat.

Equip necessari: Torres de refrigeració.

Aquest servei recull l'aigua de refrigeració de procés a 50°C-60°C i l'entrega a 20°C per refrigeració. L'aigua es refreda polvoritzant en forma de pluja l'aigua escalfada en direcció d'un col·lector, de camí al col·lector aquesta aigua es refrigera fent circular aire a contracorrent.

El sistema requerirà purgues periòdiques per eliminar les sals concentrades a la evaporació i ompliment d'aigua al sistema tancat per les pèrdues que es generen al circular en contracorrent amb l'aire.

A continuació es mostren els equips que requereixen d'aquest servei.

Taula 1.11 Necessitats d'aigua refrigerant.

	LLISTAT DE CONSUMIDORS DEL SERVEI D'OLI TÈRMIC		FULL 1 DE 1	Planta de producció d'àcid fòrmic	
			Data: 20/06/2016	Localitat: Igualada	
ÍTEM	DESCRIPCIÓ	CABAL MÀSSIC (kg/h)	CABAL VOLUMÈTRIC (L/h)	POTÈNCIA (kW)	T sortida (°C)
E-302	Condensador C-301	334446	334446	17509	65
E-507	Condensador C-501	127190	127190	3006.3	50
E-502	Condensador C-502	583044	583044	4328.3	32
E-504	Condensador C-503	433972	433972	5030.7	35
E-601	Condensador C-601	48668	48668	2264.8	60
E-506	Bescanviador corrent 14	25533	25533	511.7	60
E-501	Bescanviador corrent 15	113121	113121	7896.7	75
E-509	Bescanviador corrent 23	62795	62795	1317.1	28
E-608	Bescanviador corrent 26	48592	48592	2262.5	50
E-609	Bescanviador corrent 26	22017	22017	768.6	50
SERPENTI R-201	Serpentí superi R-201	20474	20474	620.28	40
SERPENTI R-201	Serpentí inferior R-201	20474	20474	620.28	40
CAMISA R-201	Camisa refrigeració R-201	40948	40948	1240.56	40
TOTAL	13	1881274	1881274	47376.82	44.35

Amb aquests valors totals de les necessitats d'aquest servei es pot escollir el servei que es requereix per la planta de producció d'àcid fòrmic.

Les purgues anuals d'aigua per pèrdues d'evaporació s'assumeixen que seran un 5% de l'aigua circulant per el sistema.

1.6.2.3. VAPOR

Utilitat en planta: Calefactar els corrents que ho necessiten en condicions moderades.

Requisits: Aigua de xarxa, electricitat.

Equip necessari: Caldera de vapor.

Aquest servei recull l'aigua condensada de procés a 140°C i l'entrega a 180°C i 10 bar de pressió per refrigeració. L'aigua s'evapora dintre d'una cambra on s'acumula el vapor i pot ésser enviat a aquells equips que ho requereixin.

El sistema requerirà purgues periòdiques per eliminar les sals concentrades a la evaporació i ompliment d'aigua al sistema tancat per les pèrdues que es puguin generar.

A continuació es mostren els equips que requereixen d'aquest servei.

Taula 1.12 Necessitats de vapor.

	LLISTAT DE CONSUMIDORS DE VAPOR		FULL 1 DE 1	Planta de producció d'àcid fòrmic	
			Data: 20/06/2016	Localitat: Igualada	
ÍTEM	DESCRIPCIÓ	CABAL MÀSSIC (kg/h)	CABAL VOLUMÈTRIC (L/h)	POTÈNCIA (kW)	T sortida (°C)
E-201	Bescanviador corrent 1	984	196800	596.9	140
E-401	Bescanviador corrent 10	1332	266400	807.5	140
E-402	Bescanviador corrent 10	821	164200	503.9	140
E-403	Bescanviador corrent 12	1601	320200	982.5	140
E-404	Bescanviador corrent 12	981	196200	595.3	140
E-605	Bescanviador corrent 27	2351	470200	1426.1	140
E-603	Bescanviador corrent 27	2021	404200	1226	140
E-604	Bescanviador corrent 27	1063	212600	664.5	140
R-401	Mitja canya reactor R-401	1861	372200	1041.4	140
E-301	Reboiler C-301	5753	1150600	3489.3	140
E-508	Reboiler C-501	8331	1666200	5053	140
E-503	Reboiler C-502	14454	2890800	8767.3	140
E-505	Reboiler C-503	22036	4407200	13365.8	140
F-501	Serpentí col. Flash F-501	400	80000	368	140
TOTAL	13	63989	12797800	38887.5	140

Amb aquests valors totals de les necessitats d'aquest servei es pot escollir el servei que es requereix per la planta de producció d'àcid fòrmic.

1.6.2.4. AIGUA D'INCENDIS

Utilitat en planta: subministrar als equips antiincendis i omplir la balsa de reserva.

Requisits: Aigua de incendis, electricitat.

Equips necessaris: Estació de bombeig, balsa de reserva.

El servei d'aigua de incendis s'encarrega de proveir amb aigua a pressió a tots els elements de protecció activa antiincendis que requereixin del servei. Es disposa d'una connexió al exterior a una pressió de 4 kg/cm².

Aquest servei requereix d'una balsa d'aigua de reserva per abastir la gran necessitat d'aigua que es produiria en cas d'incendi a la planta. Es necessari també una estació de

bombeig fiable, per tant ha d'ésser un equip dissenyat especialment per aquesta finalitat. Per exemple podria tractar-se d'un sistema desdoblant o un control de resposta ràpida.

S'estima que la balsa de reserva no sobrepassarà els 5000 euros si es construeix amb tela impermeable.

1.6.2.5. AGUA DE XARXA

Utilitat en planta: Subministrar aigua potable als equips i serveis que ho requereixin i subministrar aigua potable per totes les instal·lacions civils i jardins.

Requisits: Aigua de xarxa (connexió)

Equips necessari: Red de distribució.

El servei d'aigua de xarxa s'encarrega d'abastir amb aigua potable qualsevol necessitat requerida per la planta mitjançant una connexió d'aigua interna de la planta amb la xarxa d'abastiment d'aigua potable. Es disposa d'una connexió de 200mm de diàmetre a una pressió de 4 kg/cm².

El servei únicament requereix d'una xarxa de canonades amb la distribució adequada, sense aïllar, i les vàlvules de regulació que s'estimin necessàries. Les bombes no són necessàries, ja que l'aigua prové a una pressió adequada per les necessitats del servei. En operació el consum d'aigua s'ha estimat a 4 m³/h.

1.6.2.6. AGUA DESCALCIFICADA

Utilitat en planta: Subministrar aigua pura per el procés.

Requisits: Aigua de xarxa, electricitat.

Equip necessari: Sistema d'osmosi inversa, sistema de resines iòniques.

El servei d'aigua descalcificada s'encarrega de produir aigua pura per les necessitats de la planta.

El servei consta principalment de tres equips que efectuen les tres etapes que produirà la desionització de l'aigua, els equips són:

- i. Prefiltre, encarregat d'eliminar part de les impureses de l'aigua.
- ii. Membranes d'osmosi inversa, elimina la major part de les sals presents a l'aigua.

- iii. Columnes d'intercanvi iònic, intercanvia els ions que resten a l'aigua per ions de H^+ i OH^- .

Per cobrir el requeriment d'aigua descalcificada $640 \text{ m}^3/\text{h}$ s'han triat els següents equips.

Taula 1.12 Especificacions del equip descalcificador.

Equip	Descalcificador compacte
Proveïdor	Culligan
Model	HB 6600
Capacitat d'intercanvi ($^\circ\text{F} \times \text{m}^3$)	42.900
Caudal màxim (m^3/h)	227
Pressió operativa (bar)	5

Amb aquest model es requereixen de tres descalcificadores HB 6600 per cobrir els requisits de aigua descalcificada necessària.

1.6.2.7. NITROGEN

Utilitat en planta: Pressuritzar els equips que ho requereixi, com desplaçar l'oxigen del sistema en cada parada de la planta.

Requisits: Proveïment de nitrogen.

Equip necessari: Tanc criogènic, evaporador.

El servei de nitrogen s'encarrega d'abastir amb gas inert pressuritzat a tots els sistema de control de pressió del procés, a la vegada que servei per la pressurització inicial de tots els equips que requereixen. El nitrogen s'utilitzarà també abans de cada posada en marxa per desplaçar l'aire que hi ha dintre del sistema bàsicament per eliminar la possibilitat de crear atmosferes explosives.

En operació la planta requereix d'un cabal de nitrogen de $2.79 \text{ m}^3/\text{h}$ per tant per assegurar el subministrament d'un mes es requereix d'un emmagatzematge de nitrogen. El tanc d'emmagatzematge s'especifica a continuació.

Taula 1.13 Especificacions del tanc criogènic de nitrogen.

Equip	Tanc criogènic de nitrogen
Proveïdor	LAPESA
Model	LC6V-22
Pressió d'operació (bar)	13
Capacitat (m ³)	6.2
Alçada (mm)	4350
Pes (kg)	3400

1.6.2.8. AIRE COMPRIMIT

Utilitat en planta: Accionar vàlvules.

Requisits: Electricitat.

Equip necessari: Compressor, tanc a pressió.

El servei d'aire comprimit s'encarrega d'abastir amb aire a pressió a totes les vàlvules neumàtiques que ho requereixin.

En essència aquest servei requereix d'un filtre, d'un compressor, d'un tanc de emmagatzematge d'aire comprimit i una xarxa de distribució.

Taula 1.14 Especificacions de l'equip d'aire comprimit.

Equip	Compressor d'aire de pistó
Proveïdor	ABAC
Model	PRO B6000-900 T7.5 Tandem
Pressió d'operació (bar)	11
Potència (kW)	5.5 +5.5
Cabal d'aire (l/min)	1654
Capacitat (L)	900
Soroll (dB)	82/102
Llarg/amplada/alçada (mm)	2070/800/1570
Pes (kg)	500
Connexió de sortida	1 ½"
Preu (€)	5390

1.6.3. ENERGIA

1.6.3.1 ELECTRICITAT

Utilitat en planta: Alimentar els equips elèctrics.

Requisits: Disponibilitat de servei extern, gasoil.

Equip necessari: Transformador, xarxa elèctrica, grup electrogen.

El servei d'electricitat es classifica com una energia i s'encarrega d'abastir a tots els equips de la planta que ho requereixin. Es disposa d'una línia elèctrica de 20 000 V. La planta opera en la seva majoria a 380 V i 50 Hz, per tant es requereix d'un transformador per disposar del voltatge de treball.

En operació en tota la planta consumeixen 5564.6 kWh d'energia elèctrica.

En cas de fallada elèctrica del subministrament la planta ha de tindre un grup electrogen que mantingui els serveis funcionant. Aquest grup funcionarà amb gasoil i es posarà operatiu en el moment del tall elèctric abastint a la totalitat de la planta.

El grup electrogen escollit és el APD-EPAM 2000 amb motor Mitsubishi que proporciona 2000 kWh, per tant per abastir els requeriments de la planta, es necessitaran de 3 grups electrògens d'aquest model.

1.6.3.2. GAS NATURAL

Utilitat en planta: Alimentar la caldera d'oli tèrmic, i altres equips que ho requereixin.

Requisits: Disponibilitat de servei extern.

Equip necessari: Xarxa de gas natural.

El servei de gas natural es classifica com una energètic i s'utilitza en la seva majoria per abastir la caldera d'oli tèrmic. Es disposa de gas natural a mitja pressió: 1.5 kg/cm².

El servei de gas natural requereix en la seva totalitat de tres consumidors: caldera d'oli tèrmic, grup electrogen i aigua sanitària del edifici d'oficines. En operació el

consum de totes les calderes és de 95252 kg/h, en cas de tall d'electricitat el consum del gas natural equivaldria a 500 m³/h.

1.7. PROGRAMACIÓ TEMPORAL I MUNTATGE DE LA PLANTA

A continuació es presenta un model esquemàtic de la construcció de la planta de producció d'àcid fòrmic. Per fer-ho, s'han definit prèviament les tasques que s'han de duu a terme amb la seva pertinent durada i ordre d'execució.

Taula 1.15. Duració de les tasques a duu a terme per la construcció de la planta d'àcid fòrmic.

Tasca	Descripció	Dies	Precedents
1	Enginyeria del detall	150	
2	Llicència d'obres i activitats	125	
3	Demanda dels equips	133	1
	Urbanització	168	
4	Nateja dels terrenys	30	1
5	Excavacions i fonaments	70	5
6	Instal·lació dels suministres	35	3
7	Vials i voreres	20	6
	Edificació d'oficines i aparcaments	143	
8	Edifici d'oficines	95	7
9	Aparcaments	35	5;8
	Instal·lació d'equips	230	
10	Àrea 100	20	3;6
11	Àrea 200	30	3;7;13
12	Àrea 300	20	14
13	Àrea 400	25	3;7;15
14	Àrea 500	50	16
15	Àrea 600	20	16;17
16	Àrea 700	10	18
17	Àrea 800	15	7;19
18	Àrea de seguretat i mediambient	15	18;20
19	Soports, escales, plataformes, baranes	10	13;21
	Instal·lació de canonades	70	
20	Instal·lació canonades de procés	40	22
21	Instal·lació canonades de servei	30	20;24
	Instrumentació	50	
22	Instal·lació instrumentació	30	25
23	Connexió instruments-equipos	20	27
	Aïllament	70	
24	Aïllament equips	30	28
25	Aïllament canonades	40	28;30
	Acabats	25	
26	Pintura	15	31
27	Nateja	10	33

El diagrama de Gantt que es presenta a continuació és la representació gràfica de les durades de les tasques amb les seves procedències. Aquest mètode permet visualitzar la duració total que tindrà el projecte. La duració aproximada és de dos anys.

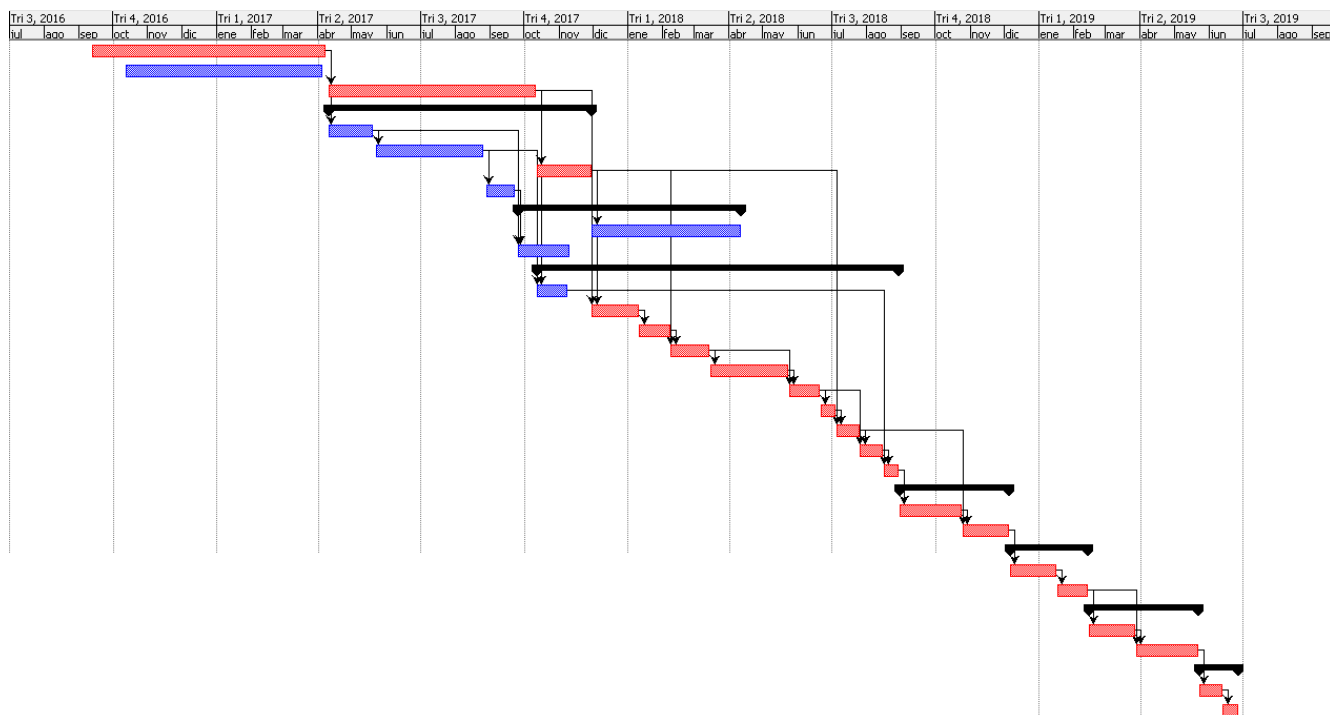


Figura 1.15 Diagrama de Gantt

1.8. BIBLIOGRAFIA

- [1] *Climate data*, <http://es.climate-data.org/>.
- [2] Roca, A., Goula, X., Olivera, C., Susagna, T., Fleta, J., Figueras, S., Olmedillas, J. C., *Mapa de sismicitat a Catalunya 1977-1997*, Institut Cartogràfic de Catalunya, <http://www.igc.cat>, 1999.
- [3] *Corrosion Resistance of Nickel-Containing Alloys in Organic Acids and Related Compounds*, Niquel Institute, www.nickelinstitute.org.

