



**Universidade de Aveiro**  
**2012**

Departamento  
de Química

**Susana Margarida**  
**Da Silva Batista**

**AUMENTO DA CAPACIDADE DE PRODUÇÃO DE**  
**POLIETILENO DE BAIXA DENSIDADE (PEBD)**

**INCREASE OF CAPACITY PRODUCTION OF LOW**  
**DENSITY POLYETHYLENE (LDPE)**



**Universidade de Aveiro**  
**2012**

Departamento  
de Química

**Susana Margarida**  
**Da Silva Batista**

**AUMENTO DA CAPACIDADE DE PRODUÇÃO DE**  
**POLIETILENO DE BAIXA DENSIDADE (PEBD)**

**INCREASE OF CAPACITY PRODUCTION OF LOW**  
**DENSITY POLYETHYLENE (LDPE)**

Dissertação apresentada na Universidade Rovira e Virgili, em Tarragona, ao abrigo do programa de mobilidade estudantil, ERASMUS.

Esta dissertação tem como finalidade completar os requisitos para a atribuição do grau de mestre em engenharia química na Universidade de Aveiro.

Foi orientada por César Valdes, professor auxiliar da Universidade Rovira e Virgili e engenheiro químico durante 35 anos na fábrica TDESA em Tarragona.

## Agradecimentos

---

Primeiramente, quero agradecer ao meu orientador, César Valdes, pela disponibilidade e boa orientação que demonstrou na realização do projecto.

Por outro lado e mesmo não realizando o projecto final de mestrado na Universidade de Aveiro, agradeço a todos os professores e entidades que passaram na minha vida ao longo dos anos de curso, dando-me sabedoria e autonomia na área de engenharia química.

Também é necessário agradecer o apoio e a motivação que os meus pais me deram durante o projecto e também agradecer por todas as possibilidades e alternativas que me ofereceram ao longo da minha vida académica, acreditando sempre em mim.

Faço um agradecimento especial também, a todos os amigos que me mostraram que a amizade é um sentimento único mesmo com alguma distância geográfica.

Por último gostaria de agradecer ao Bruno, a pessoa que mais presente esteve desde o início da minha vida académica até à realização do projecto final de curso, dando-me a força e o apoio necessários para atingir esta meta.

Assim sendo, aqui fica um agradecimento geral para todas as pessoas que me ajudaram, sem elas era impossível chegar onde cheguei.

## **Abstract**

---

The principal objective of this Project was redesigning the actual plant of production of low density polyethylene (LDPE) that is located on Tarragona.

The implementation of this new plant involved a substantial improvement on production capacity by an increase in conversion of Ethylene in Polyethylene. For this increase there is a change of initiator from oxygen to organic peroxides.

The actual conversion is 20.5% and for the process with organic peroxides is in the range of 25 at 35%, but this project focused in a minimum value of 26.9%.

To guarantee the correct operation and the security of the plant was necessary the calculation and sizing of new facilities to preparation of initiator and dissolvent treatment used in this preparation.

The parameters of study are: Flow rates, temperatures and pressures of ethylene, propylene (raw materials) and initiator.

In another point was made an economic evaluation and environmental study of the new plant, where was verified his economic viability and worst environmental impact when compared with the actual plant.

**Key words:** Ethylene; low density Polyethylene (LDPE); Oxygen; Organic Peroxides; Conversion; Compression; Preparation of organic peroxides; treatment of dissolvent;

## Resumo

---

O projecto consistiu no estudo e alteração do funcionamento da fábrica de produção de polietileno de baixa densidade (PEBD) que está situada em Tarragona.

Esta alteração deveu-se a um aumento da capacidade de produção de polietileno através de um aumento na conversão de etileno em polietileno. Isto foi possível trocando o iniciador da reacção de polimerização de oxigénio para peróxidos orgânicos.

A conversão actual é de 20.5% e a conversão do novo processo com peróxidos orgânicos situa-se entre 25 e 35%, no entanto, assumiu-se uma conversão mínima de 26.9%.

Para garantir a correcta operatividade e a segurança da fábrica dimensionaram-se novas instalações para a preparação do novo iniciador e consequentemente para tratamento do disolvente utilizado nessa mesma preparação.

Os parâmetros de estudo do projecto foram: os caudais, as temperaturas e as pressões de etileno, propileno (matérias-primas) e do iniciador.

Além disso, também foi realizada uma avaliação económica e um estudo sobre o impacto ambiental. Verificou-se que o projecto tem viabilidade económica e um maior impacto ambiental quando comparado com o funcionamento actual da fábrica.

**Palavras Chave:** Etileno; Polietileno de baixa densidade (PEBD); Oxigénio; Peróxidos Orgânicos; Conversão; Compressão; Preparação de Peróxidos Orgânicos; Tratamento de Disolvente;

# Índice

---

1. Introdução .....	1
2. Antecedentes Históricos .....	2
3. Estudo Bibliográfico.....	3
3.1. Tipos de Polietileno/PEBD .....	3
3.2. Tipos de Processamento de PEBD.....	4
3.3. Processo de Compressão de Etileno .....	6
4. Descrição dos Processos.....	7
4.1. Processo com iniciador oxigénio .....	7
4.1.1. Refrigeração do processo .....	10
4.1.2. Reacção de polimerização .....	11
4.2. Processo com peróxidos orgânicos .....	14
4.2.1. Reacção de polimerização .....	15
4.2.2. Unidade de preparação de peróxidos orgânicos .....	18
4.2.3. Unidade de Tratamento de dissolvente (Purga).....	20
5. Bases de Desenvolvimento do Projecto.....	22
5.1. Bases de Desenho .....	22
5.1.1. Especificações de Alimentação .....	22
5.1.2. Especificações Gerais .....	22
5.2. Dados básicos para o desenvolvimento do projecto .....	23
5.2.1. Utilidades disponíveis .....	23
5.2.2. Preços das Energias .....	23
5.2.3. Condições da localização.....	24
5.2.4. Normas e Códigos de Desenho (oficiais) .....	25
6. Desenvolvimento da Engenharia Básica .....	26
6.1. Desenho de Instrumentação e controlo .....	26
6.2. Dimensionamento de Tubos .....	28
6.3. Dimensionamento de Equipamentos .....	30
7. Segurança no Desenho das Instalações .....	32
7.1. Análise de Riscos Preliminar (HAZOP).....	32
7.2. Zonas Atex (Atmosfera explosiva).....	34
7.2.1. Protecção de equipamentos a sobrepressão .....	34
7.2.2 Plano de emergencia/ Auto-protecção.....	35

7.2.3. Sistemas de Dilúvio .....	36
7.3. Segurança Laboral .....	37
7.4. Segurança no Armazenamento/Transporte/Descarga .....	38
7.4.1. Transporte e armazenamento de peróxidos .....	38
7.4.2. Balsas de recolha de peróxidos.....	39
7.4.3. Transporte e descarga de dissolvente .....	39
8. Meio ambiente no desenho das instalações .....	40
9. Manutenção das Instalações .....	41
10. Manual de Operação .....	42
10.1. Funcionamento da Fábrica.....	42
11. Avaliação Económico.....	45
12. Conclusões.....	47
13. Referências Bibliográficas.....	48
14. Anexos .....	50
Anexo A: Especificações a nível de equipamentos .....	50
A.1. Tabelas de controladores, transmissores e válvulas .....	50
A.2. Tabelas de especificação de tubos .....	54
A.3. Folhas de especificações de tanques, permutadores, bombas, MRU, misturadores ..	56
A.4. Tabela de válvulas de segurança e discos de rutptura .....	63
Anexo B: Tabelas respectivas à segurança, energia e meio ambiente .....	63
B.1. Tabelas de análise detalhada de riscos (HAZOP).....	63
B.2. Tabela de caudais de água do sistema de dilúvio .....	66
B.3. Tabelas de consumos energéticos anuais.....	67
Anexo C: Diagrama com dados reais da fábrica actual .....	69
Anexo D: Diagramas do projecto .....	70

## Índice de Tabelas

---

Tabela 5.1. Bases de Desenho e objectivos .....	22
Tabela 5.2. Condições das Utilidades e Serviços .....	23
Tabela 5.3. Preços de Energias .....	23
Tabela 6.1. Relação entre tubos e Conexões .....	30
Tabela 6.2. Dimensões de tanques e misturadores .....	30
Tabela 6.3. Dimensão da MRU .....	30
Tabela 6.4. Dimensões dos permutadores de calor .....	31
Tabela 7.1. Exemplo de análise Hazop.....	32
Tabela 7.2. Acções a empreender segundo o estudo HAZOP.....	33
Tabela 7.3. Intervalo de explosividade de decano e de etileno .....	34
Tabela 11.1. Investimento inicial dos novos equipamentos .....	45
Tabela 12.1. Comparação entre as bases de desenho e os resultados.....	47

## Índice de Figuras

---

Figura 3.1. Esquema simplificado do mecanismo com reactor autoclave.....	5
Figura 3.2. Esquema Simplificado com um reactor tubular .....	6
Figura 3.3. Esquema da Produção de Polietileno .....	6
Figura 4.1. Esquema de circuitos de água de reciclado de média pressão .....	11
Figura 4.2. Esquema de circuitos de agua .....	12
Figura 4.3. Gráfico do perfil de temperaturas versus a longitude do reactor .....	14
Figura 4.4. Gráfico com o perfil de temperaturas versus a longitude do reactor .....	17
Figura 5.1. Imagem com a localização da fábrica actual.....	24
Figura 7.1. Esquema do sistema de dilúvio .....	36

### **1. Introdução**

Actualmente, numa fábrica da zona sul de Tarragona produz-se polietileno de baixa densidade (PEBD) através da utilização de oxigénio como iniciador da reacção de polimerização. Como este processo é já obsoleto, houve necessidade de se realizar um projecto a fim de o renovar.

Deste modo, este projecto dedica-se ao estudo e realização de um novo método de polimerização utilizando como iniciadores os peróxidos orgânicos.

Com esta troca a conversão pode passar de 20.5% a 26.9%, o que provoca um aumento de 30% da capacidade de produção do produto desejado.

A evolução do processo de fabricação de polietileno a alta pressão e o rendimento obtido são os maiores benefícios resultantes do projecto.

A economia também traz uma vantagem, visto que, se mantêm as instalações já existentes e apenas se adiciona mais instrumentação e equipamentos referentes a novas instalações por parte dos cuidados e preparativos a ter com os peróxidos orgânicos. Isto origina num investimento inicial inferior do que o comparado se fosse necessário implementar uma fábrica de raíz.

No geral, o projecto abarca desde as instalações actuais compostas por permutadores de calor, compressores de etileno e pelo reactor de polimerização até às novas instalações representadas por um sistema de tratamento de disolvente e um sistema de preparação de peróxidos orgânicos para a sua entrada no reactor.

Apenas se teve em conta os diagramas de instrumentação e controle automático dos sistemas implementados, assim como, as folhas de especificação dos equipamentos que fazem parte destes sistemas. Em relação á instalação inicial, são apresentadas as alterações energéticas da fábrica de etileno quando se troca o iniciador através de diagramas de fluxo.

Por último o projecto contém uma análise de impacto ambiental do novo projecto da fábrica e uma avaliação económica.. O objectivo é garantir que o projecto envolva o menor custo possível e com melhor processamento, para haver compensação na alteração proposta.

## **2. Antecedentes Históricos**

O polietileno foi sintetizado acidentalmente em 1898, quando o químico alemão Hans Von Pechmann aquecia diazometano.

Os seus colegas Eugen Bamberger e Friedrich Tschirner analisaram a substância branca similar à cera que tinha ficado colada às paredes do recipiente e descobriram que continha grandes cadeias de  $-CH_2-$ . Denominaram esta substância de “polimetileno”.

A primeira síntese industrial foi descoberta, também acidentalmente, por Eric Fawcett e Reginald Gibson em ICI Chemicals, 1933.

O polietileno surge a partir da análise de um material similar à cera que também ficou retido nas paredes de um recipiente que continha etileno e benzaldeído, quando foi submetido a altas pressões.

No entanto, a reacção tinha sido desencadeada através de vestígios de oxigénio contidos no recipiente e não foi possível replicá-la com êxito até 1935. Nesta data outro químico da ICI, Michael Perrin desenvolveu uma síntese industrial reprodutível para a síntese de polietileno de baixa densidade (LDPE).

A primeira tonelada de material demonstrou qualidades de isolamento eléctrico inigualáveis e por isso, em Agosto de 1939 iniciou-se a sua produção industrial. Esta foi integralmente absorvida pelas necessidades bélicas, especialmente em relação às técnicas vinculadas em radar.

Com o término da guerra, o polietileno corria o risco de desaparecer da gama de produtos ICI, mas os resultados das investigações sobre possíveis novas aplicações demonstraram que o polietileno de baixa densidade era um material muito mais versátil do que se pensava.

O objectivo seguinte consistiu no desenvolvimento de numerosos tipos de catalizadores que permitiram a síntese de etileno a temperaturas e pressões mais baixas. <sup>[1]</sup>

### **3. Estudo Bibliográfico**

#### **3.1. Tipos de Polietileno/PEBD**

Polietileno é um polímero que pode ser obtido por técnicas de alta ou baixa pressão. Os processos de alta pressão originam polietilenos de baixa densidade (PEBD) ou (*LDPE* - “*low density polyethylene*”) e os processos a baixa pressão levam à produção de polímeros de alta densidade (*HDPE* – “*High density of polyethylene*”) ou média densidade (*LLDPE* – “*Low linear density of polyethylene*”).

A diferença entre os polímeros de alta e baixa densidade está no número de ramificações, pois quanto mais ramificado é o polímero mais baixa é a sua densidade.

As polimerizações podem ser homogéneas ou heterogéneas e em relação ao seu processamento, este pode ser por etapas ou por crescimento em cadeia.

No caso do PEBD, que é um homo-polímero, a polimerização é homogénea e realiza-se por crescimento em cadeia ou por adição. Esta polimerização consiste em três passos principais:

- 1. Iniciação:** Um iniciador, oxigénio ou peróxidos orgânicos, gere radicais livres e estes ao reaccionarem com o monómero (etileno) provocam o início do processo de polimerização.
- 2. Propagação:** O passo determinante da reacção, onde o monómero reacciona sucessivamente com o monómero que foi radicalizado no passo anterior e leva ao crescimento da cadeia de polímero, pois as moléculas de etileno adicionam-se umas às outras.
- 3. Terminação:** O último passo da reacção e consiste na obtenção das verdadeiras cadeias de polímero, sem radicais. A terminação pode ocorrer por acoplamento ou por disproporção. <sup>[2]</sup>

Como o PEBD é um polímero ramificado tem uma baixa cristalinidade e resistência mecânica. Contudo, é um material flexível, facilmente processável, não tóxico e inerte. <sup>[3]</sup> Além disso, tem também boa resistência química, tenacidade, boas características de isolamento de material eléctrico, como já foi referido anteriormente, e principalmente tem um baixo custo.

Por estas características, este polímero tem principais aplicações em: embalagens, como as embalagens dos alimentos; lâminas flexíveis; revestimento de cabo eléctrico. <sup>[4]</sup>

### **3.2. Tipos de Processamento de PEBD**

Há dois processos de alta pressão para a produção de PEBD dependendo do reactor utilizado na reacção de polimerização, um deles utiliza o reactor autoclave e o outro um reactor tubular.

Normalmente as pressões estão entre os 1000 e 2000 bar <sup>[2]</sup> e as temperaturas estão no intervalo de 100 a 300°C.

Como já foi referido o processamento dá-se através de radicais livres, o que leva à formação de cadeias largas e curtas. Nas ramificações de cadeia curta surgem habitualmente 1,3-dietil e 2-etilexil, e também ramificações do grupo butil.

O factor mais importante na polimerização de PEBD é a extracção do calor gerado pela reacção, pois esta reacção é muito exotérmica. Há duas formas de extrair esse calor, que pode alcançar o valor de 3.35 KJ/g, e são elas: por permuta de calor através das paredes do reactor ou por introdução de etileno frio na reacção.

Como se trabalha a altas pressões a permuta de calor é menos eficiente, já que as paredes do reactor são mais espessas.

O problema agrava-se para o reactor autoclave quando comparado com o reactor tubular, porque o reactor tubular tem camisas de arrefecimento ao longo do seu comprimento. Por esta razão, obtém-se maior conversão com o reactor tubular do que com o autoclave, porque quanto maior a quantidade de calor extraído mais alta é a conversão.

No entanto, ambos os processos obtêm uma conversão baixa de etileno em polietileno. Para o reactor tubular a conversão está na ordem dos 20%, como já foi referido.

Outra diferença relevante entre estes dois métodos é o nível de agitação. Neste caso, o reactor autoclave tem vantagem sobre o reactor tubular, pois a agitação no reactor autoclave é constante e por isso, os radicais livres têm mais tendência para reacccionar. Este acontecimento resulta na fácil e rápida terminação das moléculas de polímero que estão em formação e consequentemente num melhor controlo do seu peso molecular.

Como no reactor tubular a reacção vai ocorrendo ao longo do tubo, este tem um menor nível de agitação. Neste caso, o controle de peso molecular já se realiza ou por controle de pressão e de temperatura ou pela utilização de agentes de transferência, isto é, agentes que incentivam e participam na fase de terminação.

Das duas alternativas referidas a mais comum é a introdução de agentes de terminação (agentes de transferência) como o propileno e/ou o butano, pois estes levam à formação de cadeias curtas.

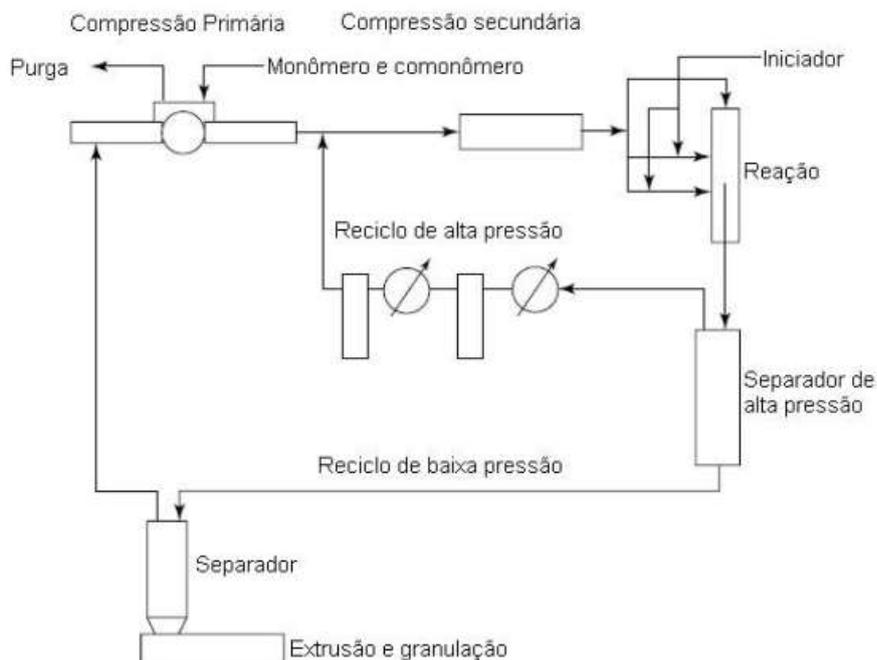
A primeira alternativa não é tão atrativa, porque as variáveis de pressão e temperatura vão influenciar muito a distribuição de pesos moleculares de polietileno e a quantidade de ramificações de maior longitude.

No reactor autoclave também podem ser inseridos agentes de transferência para que o controle do peso molecular seja ainda maior.

Os polímeros resultantes dos dois métodos estudados possuem características diferentes, devido á diferença do nível de agitação já mencionada, mas possuem a mesma densidade e índice de fluidez. Por exemplo, se o objectivo é obter um produto mais transparente, escolhe-se o processo com reactor autoclave já que os esferulitos formados são menores. <sup>[5]</sup>

Posto isto, conclui-se que o reactor tubular é o reactor mais eficiente para o tipo de polimerização pretendida. Na indústria de produção de polietileno de baixa densidade, este é o reactor mais utilizado e por isso é o reactor das polimerizações deste projecto.

São apresentados nas figuras 3.1. e 3.2. os esquemas respectivos ao processo com reactor autoclave e ao processo com reactor tubular.



**Figura 3.1. Esquema simplificado do mecanismo com reactor autoclave<sup>[5]</sup>**

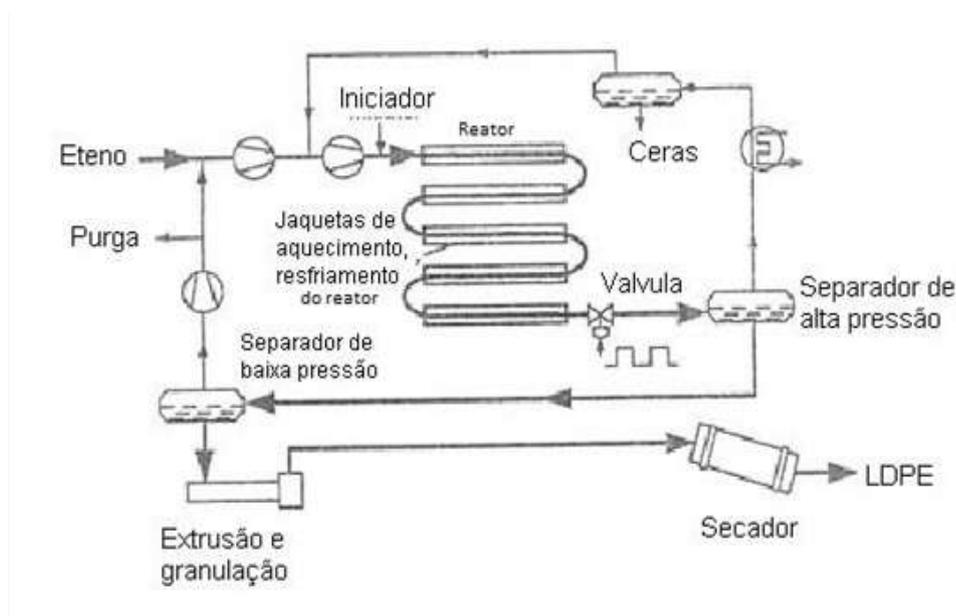


Figura 3.2. Esquema Simplificado com um reator tubular<sup>[5]</sup>

### 3.3. Processo de Compressão de Etileno

Com base em informação bibliográfica, apresenta-se na figura 3.3. o processamento geral de polietileno de baixa densidade.

De um modo geral, o processo passa por três fases de compressão de etileno antes de chegar ao reator tubular, pois a polimerização de PEBD só é possível a altas pressões. Sendo assim, as fases de compressão consistem em: fase de baixa compressão com um intervalo de 0,7 a 15 bar; média compressão entre 15 a 250 bar; alta compressão que pode ir desde 1000 a 3000 bar.<sup>[2]</sup>

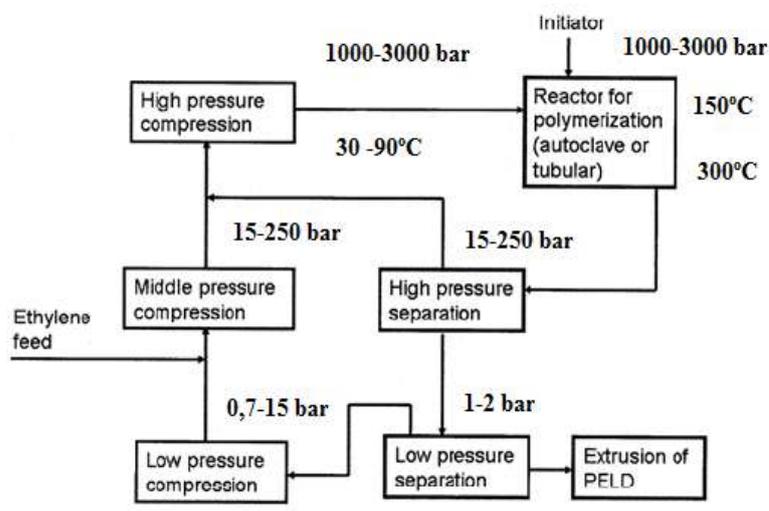


Figura 3.3. Esquema da Produção de Polietileno<sup>[2]</sup>

## **4. Descrição dos Processos**

### **4.1. Processo com iniciador oxigénio**

Além do esquema geral do ponto anterior, apresenta-se no anexo C, o diagrama real do processo de produção de polietileno com oxigénio da fábrica já existente e segundo a qual foi aplicado este projecto.

Observa-se que os compressores correspondentes às fases referidas acima, são: o booster, o pré-compressor e o hiper-compressor respectivamente. Em que o booster é constituído por dois estágios, o pré-compressor é constituído por três estágios e o hiper-compressor é constituído por dois estágios. Assim, o etileno frio e o propileno entram na primeira etapa do pré-compressor através do permutador de calor EC-16.

Ao saírem da primeira etapa voltam a entrar num permutador de calor, EC-13, que volta a baixar um pouco a temperatura, para que entrem na segunda etapa. Saindo desta etapa passam pelo permutador de calor, EC-14 e entram na terceira e última etapa.

Neste ponto são verificadas duas correntes: a principal, que se direcciona para a primeira etapa do hiper-compressor passando por dois permutadores de calor, EC-15 e EC-15B; uma corrente de reciclo que tem como destino a primeira etapa do pré-compressor. Nesta corrente de reciclo encontra-se uma válvula automática que regula a pressão à saída do pré-compressor, e por sua vez, a pressão de aspiração do hiper-compressor.

Após a corrente principal passar pela primeira etapa do hiper passa pelos permutadores EC-31A e EC-31B, mas dividida em duas correntes, que se encaminham para a segunda fase do hiper. Ao saírem deste compressor as duas correntes com composição diferente (75/25) de etileno entram no reactor tubular onde vai ocorrer a reacção de polimerização.

À saída do reactor encontra-se uma válvula de controle de pressão, que controla a pressão à entrada do reactor.

Os produtos da reacção constituídos por polietileno e etileno dissolvido, entram no separador de fases, DA-01, onde há a separação de etileno pelo topo e polietileno e restos de etileno pelo fundo. A corrente de fundo entra noutro separador de fases, DA-07, e mais uma vez pelo topo sai mais quantidade de etileno. Pelo fundo supõe-se que saia apenas polietileno.

Um facto importante e curioso é que a pressão do primeiro separador é controlada pela pressão do segundo separador, DA-07, ou mais propriamente pela válvula de segurança que existe antes deste separador. Assim, abre-se a boca de fundo do separador DA-01 até não haver nenhuma gota de polietileno e abre-se também a válvula de segurança do segundo

separador o que leva a um aumento de pressão desse mesmo separador. Depois fecha-se o separador DA-01 e quando este volta a ficar cheio efectua-se o mesmo procedimento.

O etileno que sai pelo topo de DA-01 passa por uma série de permutadores de calor, desde EC-01A até EC-03A, que têm como função diminuir a temperatura. Depois, volta a entrar na primeira fase do Hiper-Compressor. Neste caso, é necessário referir que ao longo desta passagem pelos permutadores, a diminuição da temperatura origina formação de ceras líquidas, que são separadas pelos separadores que aí se encontram, DA-02 e DA-03. Toda esta fase é denominada de reciclado de média pressão.

O etileno que sai pelo topo de DA-07 é encaminhado para a primeira etapa do Booster, passando por alguns separadores, onde se verifica a saída de resíduos e ceras sólidas. Além disso, essa corrente de etileno passa também por um permutador de calor, EC-04 que tem como função diminuir um pouco a sua temperatura.

Esta fase de formação e tratamento dos resíduos e ceras é denominada de reciclado de baixa pressão e não foi explorada no projecto. Apenas, se sabe que estes resíduos devem ser vendidos ou distribuídos para outras empresas.

Em relação à pressão de aspiração do booster, é necessário mencionar que não pode ser inferior a 1 bar para evitar danos graves neste compressor.

Neste primeiro estágio do booster dá-se a alimentação de oxigénio. Além disso, também recebe uma quantidade de fugas provenientes das juntas do hiper-compressor.

Após o primeiro estágio do booster, a corrente de saída passa pelo permutador de calor, EC-11, e entra no segundo estágio. Ao sair do segundo estágio encaminha-se para a primeira etapa do pré-compressor, passando por outro permutador de calor, EC-12, iniciando-se um novo ciclo.

A partir desta descrição realizou-se um modelo de simulação, um diagrama de simulação e um diagrama de fluxo com os resultados de pressões, temperaturas e caudais obtidos no modelo. No diagrama de fluxo considerou-se, no entanto, que EC-03A e EC-03B podiam ser representados apenas por um permutador, EC-03AB, por ambos serem refrigerados pelo mesmo circuito de água.

Neste modelo também se dimensionaram os permutadores de calor e os compressores.

Estes resultados são fiáveis, visto que, estão muito próximos dos dados reais do diagrama referido anteriormente. Mencionam-se de seguida os mais relevantes.

A temperatura e pressão à saída do pre-compressor é 114,5°C e 250 Kg/cm<sup>2</sup> respectivamente. Esta pressão corresponde à pressão de entrada do hiper-compressor. A

temperatura é reduzida para 45°C pelos permutadores. Como a corrente proveniente do reciclado de média pressão tem uma temperatura de 40°C e uma pressão de 286 Kg/cm<sup>2</sup>, a temperatura de entrada do hiper-compressor é de 40,7°C.

Obteve-se uma pressão de entrada do reactor de 2500 Kg/cm<sup>2</sup> e uma temperatura de 105°C, para a corrente equivalente a 75% de etileno e 35°C, para a corrente de 25% de etileno. A pressão de entrada do reactor situa-se dentro do intervalo adequado para ocorrer a polimerização.

Verificou-se que a pressão de entrada do booster é de 1,81 Kg/cm<sup>2</sup>, estando também de acordo com a condição imposta anteriormente.

Para o modelo de simulação foi considerada uma temperatura de entrada de oxigénio de 40°C, pois considerou-se o verão como o período de operação principal, já que é a época com temperatura exteriores mais elevadas.

Em relação aos caudais, é de relevante referir que a alimentação de etileno consistiu em 9049 Kg/h e produziu-se um total 9041 Kg/h de polietileno, o que significa que quase todo o etileno foi convertido em polietileno.

No diagrama de fluxo também se verifica uma particularidade no permutador de calor EC-16, pois está representado com duas correntes de entrada e duas correntes de saída. Isto significa que este permutador possivelmente terá duas funções.

Observou-se pelo diagrama real que o permutador tem como objectivo dar início ao processo, isto é, aquece o etileno até 35°C quando este entra a uma temperatura na ordem dos 15°C.

Contudo, por cálculos de simulação verificou-se que esta situação não ocorre sempre, considerou-se que ocorre apenas no Inverno, pois, quando a temperatura é mais alta por exemplo cerca de 20°C, é necessário outro permutador de calor que arrefeça até 15°C.

Como possível solução, considera-se que em vez de ser adicionado outro permutador, utiliza-se o mesmo permutador, EC-16, com uma segunda função. Esta solução é preferível pela facilidade na operacional e pela ganho económico quando comparada com a instalação de dois permutadores e suas implicações.

Assim, para a primeira função o permutador é refrigerado por vapor de baixa pressão, e para a segunda função já é refrigerado por água de absorção da unidade a frio (água de ARU). Para que isto ocorra, são necessárias válvulas automáticas que fechem a rede de refrigeração de vapor de baixa pressão e abram a refrigeração de água de ARU ou vice-versa, dependendo de que função o permutador tem que desempenhar.

### 4.1.1. Refrigeração do processo

Apesar dos resultados da refrigeração necessária não constarem no diagrama de fluxo, estes foram também obtidos no modelo de simulação, quando se efectuou o dimensionamento dos permutadores de calor.

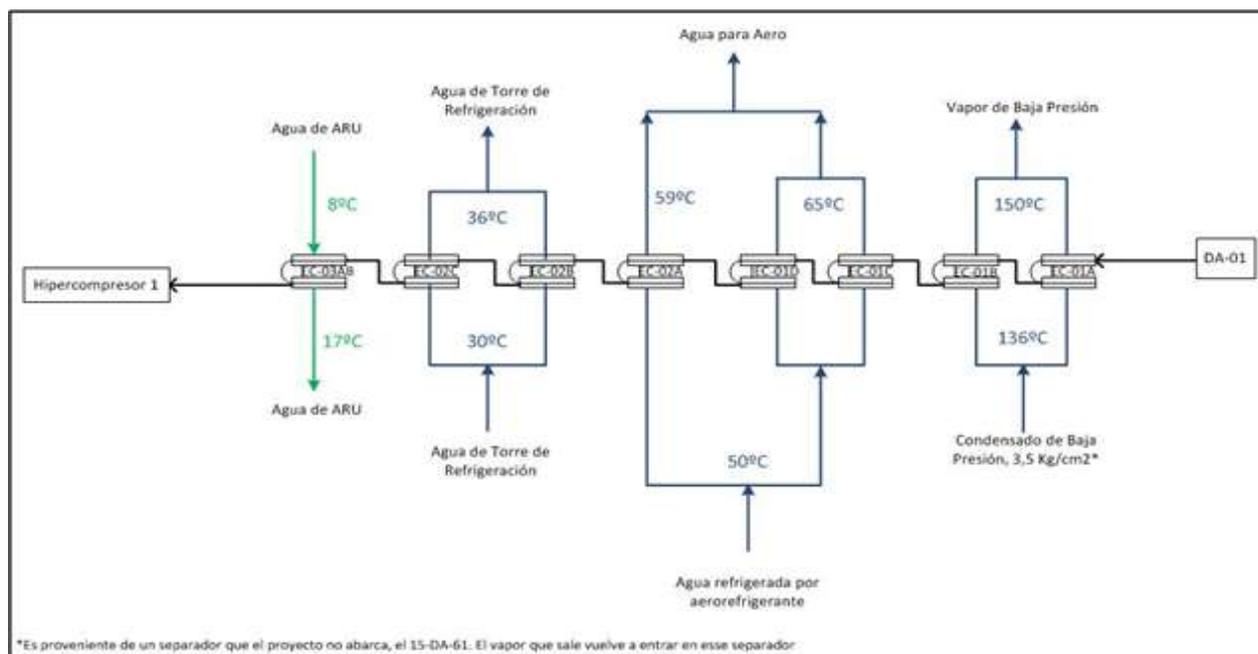
Sendo assim, os permutadores de calor do processo são de dois tipos: os permutadores EC-04, EC-11 e EC-12 são de carcaça e tubos; todos os restantes permutadores são de tubo duplo e funcionam em contra-corrente.

Os permutadores da fase de média compressão e alta compressão são refrigerados por água proveniente da torre de refrigeração. Esta entra a uma temperatura na ordem dos 30°C, e está sujeita a uma variação limite de 6 a 8°C.

O permutador EC-15B é refrigerado por água de ARU. Esta água tem uma temperatura de entrada de 8°C e são permitidos 10°C de variação.

Estes limites de temperatura devem ser respeitados, mas o mais importante é que seja possível arrefecer o etileno sem que haja um cruzamento de temperaturas.

Em relação aos permutadores do reciclado de média pressão: o EC-03AB é refrigerado por água de ARU; EC-01A e EC-01B são refrigerados por condensado de baixa pressão; EC-01C e EC-01D são refrigerados através de um circuito fechado de água refrigerada com aéro-refrigerante; os restantes permutadores são refrigerados através de água de torre e água de ARU. Apresenta-se de seguida um esquema com estes permutadores e os valores de temperaturas de entrada e saída calculados.



**Figura 4.1. Esquema de circuitos de água de reciclado de média pressão**

### 4.1.2. Reacção de polimerização

O reactor é constituído por 113 tubos, em que cada tubo tem uma longitude efectiva de 10 m. Por esta razão e pelo facto dos reagentes entrarem em duas injeções no reactor, este está dividido em quatro zonas de refrigeração de água correspondentes a quatro fases do processo de polimerização.

Nestas quatro zonas estão representados três circuitos de água em contra-corrente compostos por: quatro bombas de água, um tanque de vapor de baixa pressão e um tanque de vapor de alta pressão. Uma destas bombas funciona apenas quando há uma falha numa das outras, é uma bomba de reserva.

Para uma melhor visualização apresenta-se de seguida um esquema com estes circuitos de água.



Assim, numa primeira parte tem-se a primeira injeção da mistura que corresponde a 18 tubos. A corrente de saída do reactor já contém polietileno e etileno que não reaccionou, a uma temperatura de 260°C. Nesta parte, entra condensado de baixa pressão a uma temperatura de 36°C.

Após isto, já não existe oxigénio disponível para a reacção continuar e por isso, realiza-se uma segunda injeção de reagentes. Esta parte já abrange cerca de 50 tubos do reactor, e a temperatura de entrada é de 35°C, obtendo-se uma corrente de saída de polietileno e etileno com a mesma temperatura de saída de 260°C.

As proporções de etileno e polietileno à saída do reactor dependem da conversão.

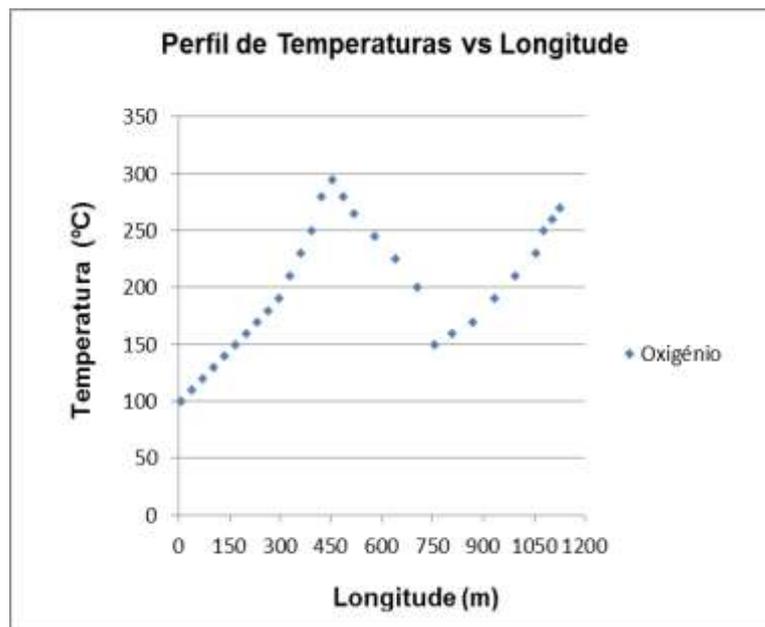
Em relação à refrigeração, na segunda zona (A e B) há uma temperatura de entrada de vapor de baixa pressão de 158°C e uma temperatura de vapor de baixa pressão à saída de 173°C. O caudal é de 80 m<sup>3</sup>/h e é também impulsionado por uma bomba. Portanto, o circuito desta segunda zona corresponde ao segundo circuito de água.

A quarta e última zona do reactor abrange os últimos 10 tubos, e é também denominada de zona de segurança. Nesta zona praticamente não há reacção, visto que, apenas serve para arrefecer mais rapidamente o produto do reactor. Este arrefecimento é necessário logo depois de completada a reacção, porque há uma tendência para ocorrer o processo contrário ao provocado pelo efeito de Joule.

Isto quer dizer que no final da reacção quando ocorre a descompressão do gás, a temperatura em vez de baixar, aumenta, o que gera muita energia. Além disso, como a reacção é muito exotérmica há o risco de um aumento descontrolado da temperatura, o que origina a formação de pontos quentes e conseqüentemente uma situação de runaway seguida de explosão.

A refrigeração desta zona corresponde ao terceiro circuito de água e realiza-se com a entrada e saída de água líquida a 75°C e 90°C respectivamente. O caudal é de 110 m<sup>3</sup>/h e é impulsionado pela terceira bomba.

Para completar esta descrição, apresenta-se um gráfico com o perfil de temperaturas do processo ao longo do reactor.



**Figura 4.3. Gráfico do perfil de temperaturas versus a longitude do reactor**

Pelo gráfico observa-se que existem dois picos de temperaturas correspondentes às duas injeções de reagentes no reactor. Quando a temperatura baixa significa que há défice de reagentes. As temperaturas dos picos estão no intervalo de 250 a 300°C, não podendo ser superiores a 300°C, porque a essas temperatura o etileno decompõe-se em acetileno. Esta reacção é considerada indesejada e perigosa, já que podem ocorrer reacções de deflagração ou auto-aceleração e por sua vez a uma situação de explosão.

Através de balanços térmicos calculou-se o calor gerado pela reacção de modo a poder ser comparado com o processo de polimerização com peróxidos orgânicos. Assim, o calor gerado é de  $2,344 \times 10^7$  KJ/h. A partir deste calor calculou-se a quantidade de vapor de baixa pressão gerada pelo reactor, que é de 52.762 Kg/h.

### **4.2. Processo com peróxidos orgânicos**

Para o novo processo a fábrica funciona praticamente do mesmo modo que no caso do processo com oxigénio, possuindo apenas algumas diferenças necessárias para a sua implementação, São elas:

- O iniciador do processo, peróxidos orgânicos, já não entra no booster. Estes são injectados no reactor após a sua preparação numa unidade específica que é desenvolvida neste projecto.

- O reactor de polimerização é o mesmo, mas difere um pouco no funcionamento e refrigeração.
- Após a reacção de polimerização, a corrente de saída é constituída por etileno, polietileno e dissolvente. Depois do permutador EC-01C, há uma purga da corrente de etileno e dissolvente que é conduzida para a unidade de tratamento de dissolvente também desenvolvida neste projecto.

Em termos práticos, realizaram-se: um modelo de simulação, um diagrama de simulação e um diagrama de fluxo para a parte de compressão do etileno.

Durante a compressão, verifica-se um aumento das pressões e temperaturas de descarga do pré-compressor e por sua vez dos permutadores de calor dessa fase, devido a um aumento dos caudais de entrada das matérias-primas. No terceiro estágio do pré-compressor já se verifica a mesma pressão obtida no caso com oxigénio,  $250 \text{ Kg/cm}^2$ , devido à válvula de controlo referida no ponto 4.1.. Todos os permutadores funcionam do mesmo modo e com os mesmos sistemas e fluídos de refrigeração.

Para a obtenção dos resultados do diagrama de fluxo de compressão também foi necessária a realização do diagrama de fluxo da unidade de preparação de peróxidos orgânicos, o diagrama de fluxo da unidade de tratamento de dissolvente e uma análise do modo de funcionamento do reactor. Todos estes diagramas estão apresentados no anexo D.

### **4.2.1. Reacção de polimerização**

Inicialmente procede-se à escolha dos peróxidos orgânicos adequados para este projecto. Esta escolha está dependente das suas temperaturas de iniciação.

Escolhe-se um peróxido com uma temperatura de iniciação mais baixa para o início da reacção. De seguida, escolhem-se outros dois peróxidos com uma temperatura mais alta para que a reacção continue. Estes utilizam-se quando o etileno se encontra nos  $160^\circ\text{C}$ .

As temperaturas de peróxidos não podem ser muito superiores a  $160^\circ\text{C}$ , porque o intervalo de iniciação do reactor está entre  $100$  e  $160^\circ\text{C}$ , e passado um tempo a reacção é espontânea.

A um nível económico também é favorável a escolha de mais do que um peróxido para o reactor, pois, o custo de um peróxido aumenta com a sua temperatura de decomposição. Além disso, quando se escolhe mais do que um peróxido realiza-se mais do que uma injeção, o que garante que o iniciador não termina antes da obtenção do produto nas condições desejadas.

Assim, por catálogos do fabricante Akzo Nobel consideram-se os seguintes peróxidos: Tert-butil-peroxi-3,5,5-trimetilhexanoato, que tem uma temperatura de iniciação de 135°C; Di-tert-butil-peróxido (DTP), que tem uma temperatura de iniciação de 164°C; Tert-butil-peroxipivalato (TBP), que possui a temperatura de iniciação mais baixa, 94°C, e por isso é o mais reactivo dos três.

Para que ocorra a reacção de polimerização de forma segura, os peróxidos são diluídos e injectados no reactor. A diluição com dissolvente é necessária porque: os peróxidos são componentes muito reactivos; para proporcionar uma maior dispersão do iniciador dentro do reactor. Normalmente o dissolvente escolhido é um hidrocarboneto. Para este projecto escolheu-se o decano.

Como já foi referido o reactor de polimerização é o mesmo, logo, tem na mesma 113 tubos. Em comparação com o processo de oxigénio também vão existir zonas de refrigeração, mas neste caso são apenas três.

A primeira zona corresponde à primeira fase da reacção, visto que, os peróxidos orgânicos entram a uma temperatura de 160°C e a reacção ocorre logo nos primeiros tubos. E por isso, não existe a terceira zona com a função de aquecer os reagentes como havia no caso de oxigénio. Isto significa que também não se utiliza vapor de alta pressão.

Então, a primeira zona do reactor reparte-se em duas (A e B). Primeiro efectua-se uma injeção da mistura de reagentes e depois a injeção de peróxidos orgânicos.

Nesta zona entra vapor de baixa pressão proveniente do tanque de baixa pressão a uma temperatura mínima de 150°C, que é a temperatura normalmente definida em indústria para a água e sai vapor de baixa pressão. O caudal de entrada é impulsionado por uma bomba.

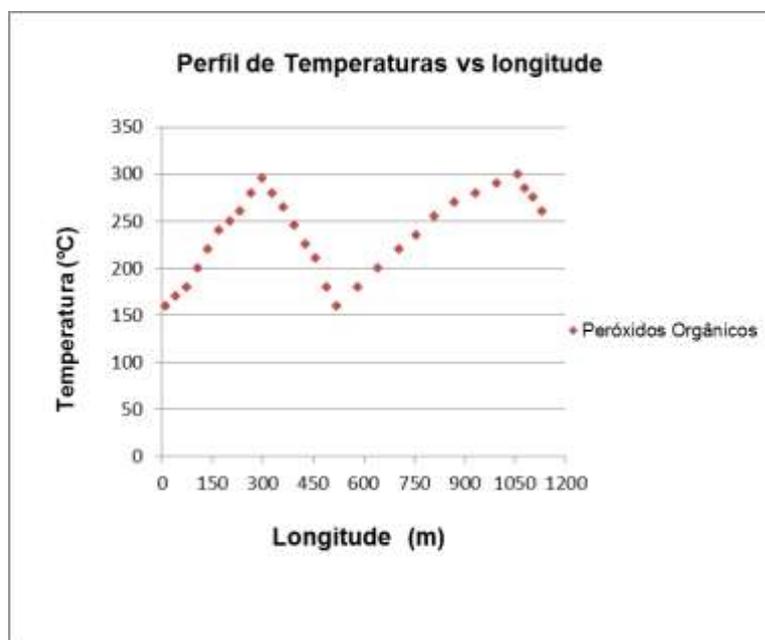
A segunda zona do reactor corresponde ainda à reacção química que se inicia após a segunda injeção. Esta zona também se refrigera através de vapor de baixa pressão que sai do tanque de baixa pressão a uma temperatura mínima de 150°C de igual forma.

A temperatura de saída das duas zonas é de 260°C, que corresponde à mesma temperatura de saída do reactor para o caso do oxigénio. As proporções de etileno, polietileno e decano à saída do reactor dependem da conversão.

A terceira zona é uma zona de segurança e funciona da mesma forma descrita no processo de polimerização com oxigénio.

Neste processo são precisas também quatro bombas de refrigeração, em que uma delas é de reserva, e um tanque de vapor de baixa pressão.

Para efeitos comparativos, apresenta-se seguidamente um gráfico que relaciona o perfil de temperaturas com a longitude do reactor.



**Figura 4.4. Gráfico com o perfil de temperaturas versus a longitude do reactor**

Pelo gráfico observa-se que o perfil de temperaturas é muito semelhante ao perfil para o processo com oxigénio. A diferença está no facto de que o etileno reacciona logo, e por isso, verifica-se de imediato uma subida da temperatura, alcançando-se o primeiro pico mais rapidamente.

Os picos vão ter temperaturas um pouco mais altas, mas de igual forma, inferiores a 300°C.

Como este processo tem uma conversão maior, também é maior a quantidade de calor gerada pela reacção. Através de balanços térmicos obteve-se um calor de  $2,51 \times 10^7$  KJ/h. A partir deste calor obteve-se a quantidade de vapor de baixa pressão gerada, que é de 11.918 Kg/h.

Assim, a diferença entre as quantidades de vapor geradas nos dois processos dá: -40.843 Kg/h produzidos, o que significa que, com o processo de peróxidos produz-se menos vapor de baixa pressão, reduzindo-se assim, o custo desse serviço.

#### 4.2.2. Unidade de preparação de peróxidos orgânicos

A preparação dos peróxidos orgânicos inicia-se com a descarga das misturas de peróxidos e dissolvente já preparadas pelo fornecedor num local de armazenamento da fábrica, e também com a descarga de decano para o tanque DA-204. As especificações relativas ao armazenamento de peróxidos e descarga de decano estão descritas no ponto 6.

Num segundo passo as misturas de peróxidos são depositadas nos tanques, DA-200 e DA-201, através de bombas de cano. Aí a mistura torna-se mais homogénea, devido à acção de agitadores eléctricos existentes.

A partir dos dois tanques iniciam-se dois processos iguais e em simultâneo, com a diferença de que o processo iniciado no tanque DA-201 corresponde à preparação da primeira injeção de peróxidos no reactor, enquanto que, o outro processo corresponde á preparação de uma segunda injeção de peróxidos.

No tanque DA-200 há uma mistura de três peróxidos com dissolvente e no tanque DA-201 há apenas uma mistura de dois peróxidos com dissolvente.

As composições das misturas são calculadas a partir de composições típicas da indústria à entrada do reactor para o intervalo de conversões já considerado.

Para o tanque DA-200, tem-se:

- ✓ 45.65% Tert-Butil peroxi-3, 5, 5-trimetilhexanoato (TBPIN)
- ✓ 15.22% Di-tert butil peróxido (DTP)
- ✓ 9.13% Tert-butil-peroxipivalato (TBP)
- ✓ 30% N-decano

Para o tanque DA-201, tem-se:

- ✓ 35 % Tert-butil peroxi-3, 5, 5-trimetilhexanoato (TBPIN)
- ✓ 35 % Di-tert butil peróxido (DTP)
- ✓ 30 % N-decano

Devido à inflamabilidade dos peróxidos e do decano, estes tanques têm de possuir uma camisa de arrefecimento para que a temperatura no seu interior se mantenha por volta de 1°C, contrariando o risco de ignição. A camisa é composta por: uma capa externa de alumínio; uma espuma de poliuretano; aço; etilenoglicol a 30%: aço inoxidável.

As misturas de peróxidos que estão no interior dos tanques são aspiradas por bombas dosificadoras robustas, GA-201 e GA-202, e são enviadas aos misturadores estáticos MX-200 e MX-201, respectivamente. O caudal de bombagem é de 10 Kg/h.

Estes misturadores são compostos por um leito de malhas de aço inoxidável que homogeniza ainda mais as misturas.

Por outro lado, na saída do tanque DA-204, há um permutador de calor, EC-200 que arrefece o decano até 5°C, utilizando como fluido de refrigeração água e etilenoglicol. O decano pode estar a uma temperatura inicial de 50°C, devido às elevadas temperaturas que se atingem no verão.

A corrente de saída do decano bifurca-se em dois ramais que são impulsionados pelas bombas dosificadoras, GA-203 e GA-204. Cada uma delas impulsiona 20 Kg/h de decano para os misturadores estáticos, MX-201 e MX-200 respectivamente.

A partir de MX-200, a nova mistura de peróxidos e dissolvente é conduzida ao depósito de armazenamento DA-202 e o MX-201 conduz a mistura ao DA-203. Estes dois tanques possuem também uma camisa de arrefecimento e o fluido refrigerante é também água com etilenoglicol. O permutador EC-200 também utiliza o mesmo fluido de refrigeração.

Deste modo, todos os equipamentos estão conectados ao tanque de etilenoglicol e água, DA-205 e têm como temperatura de saída, -3°C.

O tanque DA-205 possui isolamento e está conectado á bomba centrífuga GA-200. Sendo assim, a bomba tem duas funções: impulsiona o fluido etilenoglicol e água que se encontra a uma temperatura de -8°C para os equipamentos; é responsável pela recirculação ao tanque DA-205.

Antes do fluido refrigerante voltar ao tanque DA-205, passa pela unidade de refrigeração mecânica (MRU) onde é arrefecido até -10°C, de forma a manter a temperatura desejada no interior dos tanques. Para efeitos de cálculo do diagrama de fluxo considera-se que a demanda térmica para os tanques DA-200 e DA-201 e para o permutador, EC-200 é igual à demanda térmica proveniente pela MRU para os tanques.

Numa outra fase as misturas dos tanques DA-202 e DA-203 são aspiradas pelas bombas dosificadoras GA-205 e GA-206 respectivamente e são direccionadas para as bombas de alta pressão, garantindo que nestas bombas haja sempre produto.

As bombas de alta pressão injectam as misturas de peróxidos e decano preparadas para o reactor e são as responsáveis pela obtenção de pressões altas necessárias para que ocorra o processo de polimerização. Assim, à saída das bombas, as misturas têm a pressão de 2500 Kg/cm<sup>2</sup> e uma temperatura de 160°C.

Uma característica das bombas hidráulicas de alta pressão é em relação à sua refrigeração, visto que, o fluido utilizado é água e óleo. Este fluido auxilia o movimento do pistão da

bomba, e por esta razão, são também denominadas de bombas de deslocamento positivo que impulsionam caudais pequenos. Neste caso, a sua impulsão é de 30 Kg/h em cada injeção.

Deste modo, as composições para a primeira injeção resultante da bomba GA-207 são:

- ✓ 3 % Tert-butil peroxi-3, 5, 5-trimetilhexanoate (TBPIN)
- ✓ 5 % Di-tert butil peróxido (DTP)
- ✓ 15 % Tert-butil-peroxipivalato (TBP)
- ✓ 77 % N-decano

As composições para a segunda injeção resultantes da bomba GA-208 são:

- ✓ 12 % Tert-butil peroxi-3, 5, 5-trimetilhexanoate (TBPIN)
- ✓ 12 % Di-tert butil peróxido (DTP)
- ✓ 76 % N-decano

### 4.2.3. Unidade de Tratamento de dissolvente (Purga)

Como já referi há uma quantidade de etileno e dissolvente que se leva a esta unidade. Se considera uma purga de 800 Kg/h de etileno com 95% de etileno e 5% de decano.

A corrente de etileno e dissolvente passa pelo permutador de calor, EC-100, que tem como função diminuir a temperatura de 150°C para 110°C. Esta corrente tem uma pressão de 288,9 Kg/cm<sup>2</sup>.

Seguidamente, esta corrente entra numa coluna flash, DA-100, onde há uma descompressão até 25 Kg/cm<sup>2</sup>. Com uma descompressão tão significativa, também a temperatura diminui até 10°C. Pelo topo de DA-100 sai maioritariamente etileno com pequenas quantidades de decano gasoso, e pelo fundo sai a corrente com as composições restantes em forma líquida.

Assim, no topo da coluna há uma bifurcação em dois ramais, em que o primeiro direcciona 200 Kg/h de etileno e dissolvente para a unidade de purificação de etileno e o segundo conduz 574,6 Kg/h de etileno e dissolvente restantes para a primeira etapa do pré-compressor.

Por outro lado, a corrente de fundo passa por um outro permutador de calor, EC-101, que utiliza vapor de baixa pressão como fluido de aquecimento. A corrente de decano e etileno é aquecida e entra numa outra coluna flash, DA-101, onde vai sofrer uma descompressão até 1,8 Kg/cm<sup>2</sup>, o que provoca uma diminuição da temperatura até 10°C. Então, para que se mantenha a temperatura interna de 10°C é essencial existir este aquecimento.

Desta coluna há novamente a saída de etileno pelo topo e de decano pelo fundo. O etileno é conduzido à primeira etapa do booster e o decano é transportado para um tanque de resíduos, DA-102, por diferença de pressões entre este tanque e o tanque DA-101.

No tanque DA-102, há um respiradouro onde ocorre a expansão do gás etileno que é levado a queimar numa tocha. A pressão absoluta deste tanque é de  $1,3 \text{ Kg/cm}^2$ .

Pelo fundo de DA-102 sai uma corrente composta pelo decano tratado e recuperado do processo e que é aproveitado por empresas externas. Actualmente a indústria recicla e aproveita esse dissolvente para outras aplicações.

## **5. Bases de Desenvolvimento do Projecto**

### **5.1. Bases de Desenho**

#### **5.1.1. Especificações de Alimentação**

Etileno e propileno são as matérias-primas do processo, e a sua alimentação é pura. A alimentação de propileno é de aproximadamente 2 Kg por tonelada de polietileno produzido e a alimentação de etileno foi obtida mediante as bases de desenho de produção de polietileno, tanto para o processo com o iniciador oxigénio como para o processo com o iniciador peróxidos orgânicos. As bases de desenho de produção de polietileno estão apresentadas no ponto seguinte.

No caso do processo com oxigénio, este entra puro e foi considerado o valor de 0,5 Kg por tonelada de polietileno produzido.

#### **5.1.2. Especificações Gerais**

A especificação referente à capacidade e aos objectivos mínimos que se pretendiam alcançar apresentam-se na tabela seguinte.

**Tabela 5.1. Bases de Desenho e objectivos**

	<b>Base de Desenho</b>	<b>Objectivos mínimos</b>
<b>Taxa de funcionamento Hr/año</b>	8320	8320
<b>Taxa de funcionamento %</b>	95,0%	95,0%
<b>Capacidade do Hiper-compressor</b>	44.100	44.100
<b>Conversão (%)</b>	20,5%	26,9%
<b>Taxa de Produção (Kg/h)</b>	9.041	11.863
<b>Produção (Kg/año)</b>	75.221.120	98.700.160
<b>Diferença (Kg/año)</b>		23.479.040

Em relação ao produto final de polimerização, o polietileno de baixa densidade, pretende-se que este tenha uma densidade de  $0.925 \text{ g/cm}^3$  e um índice de fluidez de 0.5.

Em relação ao etileno, foram estabelecidas condições de pressão e temperatura à entrada e à saída do processo. Deste modo, à entrada do pré-compressor foi definida uma pressão de  $19 \text{ Kg/cm}^2$  e uma temperatura de  $18^\circ\text{C}$  e à saída do reactor uma temperatura entre  $250 - 270^\circ\text{C}$ . Em relação ao etileno purgado foi especificada uma temperatura entre  $100 - 150^\circ\text{C}$  e um caudal de  $800 \text{ Kg/h}$ , como também já foi mencionado.

## **5.2. Dados básicos para o desenvolvimento do projecto**

### **5.2.1. Utilidades disponíveis**

As condições de pressão e temperatura das utilidades e serviços do processamento de PEBD por reactor tubular são descritas na tabela 5.2. As utilidades e serviços são águas de refrigeração, vapores para os permutadores de calor e para o reactor e voltagens de equipamentos.

**Tabela 5.2. Condições das Utilidades e Serviços**

Serviços/Utilidades	Pressões absolutas (Kg/cm <sup>2</sup> )				Temperaturas (°C)				Outras
	Normais	Mín./Máx.	Desenho	Delta P máx.	Normais	Mín./Máx.	Desenho	Delta T máx.	
Água de Torre de Refrigeração	5	6	7	1,5	27	/29	60	8/10	
Água de ARU	7	6/8			7	/10		8/10	
Água com aerorefrigerante	5				50			8/10	
Vapor de Baixa pressão	3,5	2,7/5,0	6		138	130/152	130		
Vapor de Alta pressão	18	22/17	26						
Ar de Instrumentos	8	5/8	9		ambiente				
Nitrogénio	7				ambiente				
Electricidade <= 100 Kw									380 V
Electricidade > 100 Kw									6000 V
Electricidade de instrumentos baixa tensão									110 V

### **5.2.2. Preços das Energias**

Os preços dos serviços e utilidades utilizados apresentam-se na tabela seguinte

**Tabela 5.3. Preços de Energias**

Serviço/Utilidade	Unidade	Custo €/Unidade
		Variável
Água de torre de Refrigeração	m <sup>3</sup>	0,019
Água de ARU	m <sup>3</sup>	0,038
Água refrigerada com Aerorefrigerante	m <sup>3</sup>	0,005
Vapor de baixa pressão	Tm	2,10
Vapor de alta pressão com devolução de condensado	Tm	4,60
Nitrogénio	Nm <sup>3</sup>	0,012
Electricidade	kWh	0,14

### 5.2.3. Condições da localização

Como este projecto representa uma ampliação de uma fábrica existente, a sua localização é também no polígono sul de Tarragona.

Apresenta-se de seguida uma figura ilustrativa da localização da fábrica de polietileno.



**Figura 5.1. Imagem com a localização da fábrica actual**

A cidade de Tarragona é uma cidade mediterrânea, logo, a temperatura média anual é relativamente alta em comparação a outras zonas de Espanha. Isto ocorre porque há um alto nível de higrometria provocado pelo carregamento de vapor da massa de ar do mediterrâneo. Deste modo, os invernos são caracterizados por um frio húmido e penetrante e os verões por um calor húmido. A precipitação anual em Tarragona pode variar entre 400 e 500 mm, o que significa que está sob os 700 mm da isoietia (linha de precipitação constante), que separa a Catalunha seca da Catalunha húmida. <sup>[6]</sup>

Os ventos predominantes em Tarragona são: mistral ou “mestral” em catalão; siroco ou “xaloc” em catalão. O primeiro é considerado um vento frio e forte, que vem de França e é por isso um vento de noroeste. Já o segundo é um vento mediterrâneo pouco frequente e que tem a sua origem no deserto do Sahara e é portanto, um vento de sudeste.

No verão, há ainda um outro vento de origem no mar mediterrâneo que é denominado de “marinada”. Este é frequente e intenso. <sup>[7]</sup>

## **5.2.4. Normas e Códigos de Desenho (oficiais)**

### **5.2.4.1. Normas para os Tubos**

As normativas para o desenho dos tubos da unidade de tratamento de dissolvente e também dos tubos onde passa apenas dissolvente na unidade de preparação de peróxidos correspondem às API 5L Gr.B, mediante as dimensões de ANSI B36.10. Estas mesmas normativas são também utilizadas para os tubos do processo de compressão de etileno da fábrica actual e são feitas de aço de carbono.

Em relação à unidade de preparação de peróxidos, considerou-se que os tubos que contêm misturas de peróxidos com dissolvente seguem a normativa ASTM A312, pois estes tubos já são de aço inoxidável. No entanto, também seguem as dimensões de ANSI B36.10. <sup>[8]</sup>

A normativa ASTM A312 serve também para os tubos de descarga das bombas de alta pressão para o reactor, porém, as suas dimensões são definidas pelo fabricante Autoclave Engineer, porque este fabricante oferece uma maior variedade de tubos em aço inoxidável para a alta pressão requerida. <sup>[9]</sup>

Nas novas instalações especificaram-se também os tubos de águas de refrigeração ou vapores e os tubos de nitrogénio à entrada dos tanques da unidade de preparação de peróxidos. Ambos são constituídos por aço de carbono e seguem a mesma referência de dimensões, ANSI B36.10.

### **5.2.4.2. Normas para Equipamentos dinâmicos e Instrumentação**

Todos os equipamentos e instrumentos, como bombas, válvulas, controladores e todos os outros seguem a normativa europeia de segurança 94/9/EC-ATEX 95. Esta é a normativa válida para equipamentos ou instrumentos utilizados para produtos que têm a sua própria fonte de ignição, que é o caso dos peróxidos orgânicos e decano.

O desenho dos tanques da unidade de tratamento de dissolvente, DA-100, DA-101, DA-102 e os tanques da unidade de preparação de peróxidos, DA-200, DA-201, DA-202, DA-203, DA-204, DA-205 segue a normativa ASME, secção VIII respectiva a recipientes sob pressão.

### **5.2.4.3. Normas para a Electricidade**

O campo da electricidade não foi explorado neste projecto, mas supõe-se que está de acordo com a regulamentação actual estabelecida, referente a baixa/média/alta tensão.

## **6. Desenvolvimento da Engenharia Básica**

### **6.1. Desenho de Instrumentação e controle**

Na unidade de tratamento de dissolvente, as variáveis obrigatórias de controlar são: a pressão, a temperatura e o nível. Como tal, foram adoptadas algumas estratégias de controle.

A temperatura do depósito DA-100 é controlada pelo permutador de calor EC-100, através do seguinte sistema: um transmissor de temperatura (TE), que envia um sinal a um controlador (TC) e uma válvula controladora (TV) que recebe a ordem de actuação por parte deste controlador. Assim, a válvula permite a passagem de maior ou menor quantidade de água de refrigeração para o permutador consoante a situação, aumentando ou diminuindo a temperatura de entrada do etileno no depósito.

Por exemplo, quando o etileno chega ao depósito com uma temperatura mais baixa do que a fixada, o controlador envia o sinal à válvula e esta diminui a quantidade de água, o que provoca o aumento dessa temperatura.

Além destes dispositivos, também fazem parte do sistema de controle, os alarmes de aviso de temperatura alta e muito alta e de baixa e muito baixa. Estes são activados por um outro transmissor de temperatura e representam uma medida de prevenção e segurança no caso de falha por parte do transmissor (TE).

O sinal TE ou qualquer outro que seja representado por um E, define-se como elemento, e comporta-se como uma placa de orifícios, isto é, provoca uma pequena variação da variável de controle no processo e por isso, quando o sinal chega ao controlador (TC), este só mede uma diferença de potencial em relação a TE.

O sistema de controle de nível tem como elemento regulador uma válvula controladora que está localizada à saída do depósito DA-100. Esta válvula está acompanhada de um transmissor de nível (LT) e um controlador de nível (LC) e actua do mesmo modo que o sistema anteriormente descrito. Este sistema também dispõe de alarmes.

No sistema de controle de pressão há um transmissor de pressão (PE) que envia um sinal ao controlador (PC) e este dá a ordem de activação à válvula controladora (PV). Este controlador está acompanhado de quatro alarmes. O funcionamento do sistema é igual ao explicado para a temperatura com a adição de duas válvulas de segurança (PSV). Este tipo de válvulas não pertence ao grupo de controladores.

Este tipo de controle repete-se para os depósitos DA-101 e DA-102 pertencentes à mesma unidade de tratamento de dissolvente. No entanto, o depósito DA-102 não possui nem

controlador de temperatura, nem válvula controladora de temperatura, sendo apenas necessários os alarmes.

Na unidade de preparação de peróxidos orgânicos são controladas as mesmas variáveis mas apenas para os tanques: DA-200, DA-201, DA-202 e DA-203.

Então, nos tanques DA-200 e DA-201 a temperatura é controlada pelo mesmo tipo de sistema referido para o depósito DA-100. A actuação da válvula neste caso consiste em permitir a passagem de água com etilenoglicol (fluido refrigerante) pelas camisas dos depósitos, colocando em funcionamento a unidade de refrigeração mecânica (MRU). Este sistema possui um alarme de alta e baixa temperatura.

Nos tanques DA-202 e DA-203 existe também o mesmo sistema de controle com a diferença de que a válvula controladora de temperatura está conectada ao permutador de calor EC-200 que se encontra na saída do tanque de dissolvente, DA-204. O fluido refrigerante é também água com etilenoglicol.

O sistema de controle de nível para os tanques DA-200 e DA-201 é o mesmo do que o sistema de controle de nível para o tanque DA-100 descrito acima. A válvula controladora de nível garante sempre que se mantenha um certo nível dentro do depósito. Este sistema tem um alarme de alto e baixo nível.

Com os tanques DA-202 e DA-203 ocorre a mesma estratégia de controle, com a diferença de que as válvulas controladoras de nível são as próprias bombas dosificadoras GA-201 e GA-202 respectivamente. As bombas têm um próprio alternador de frequência que provoca a variação do caudal de impulsão.

O sistema de controle de pressão é exactamente o mesmo para os quatro tanques e aplica a mesma estratégia usada no depósito DA-100.

Há outros equipamentos que necessitam de ser controlados, como é o caso do reactor e da MRU.

O reactor RC-01 necessita de sistemas de controle de pressão e temperatura. Estes funcionam da mesma forma que os anteriormente descritos. Além disso, as bombas de alta pressão que se situam antes do reactor possuem uma função de TV e PV, e existem sistemas de alarmes.

Por último mas não menos importante, o sistema de controle da MRU está relacionado com o depósito DA-205 que contém o líquido refrigerante, água com etilenoglicol. Este depósito está conectado a um transmissor de temperatura (TE) que controla a temperatura com um TC e este activa a válvula controladora TV. A activação da válvula depende da

quantidade de líquido refrigerante enviado para a camisa dos depósitos, DA-200, DA-201, DA-202 e DA-203.

Após esta descrição dos sistemas de controle utilizados, é importante referir que estes são automáticos, com sinais de processo. Assim, todas as válvulas pilotadas são automáticas para facilitar a operacionalidade da fábrica em relação às novas instalações, visto que, nas instalações actuais os controles são manuais e automáticos.

Para demonstrar a relação entre os instrumentos de controlo são apresentadas, no anexo A.1., tabelas com os seguintes aspectos: tipo de instrumento de controlo; serviço a que se aplica o instrumento, ou seja, se é aos depósitos, ao reactor ou à MRU; o intervalo de valores fixado para cada instrumento e suas respectivas unidades.

Em aspectos representativos foram realizados, numa fase preliminar, dois diagramas de controlo respectivos às unidades projectadas. Estes diagramas são diagramas simples, onde estão representadas os sistemas de contole principais e encontram-se no anexo D.

### **6.2. Dimensionamento de Tubos**

Ambas as unidades de tratamento de dissolvente e de preparação de peróxidos utilizam o mesmo procedimento de cálculo para o dimensionamento de tubos.

Primeiro calcula-se a densidade das misturas que passam em cada tubo através das densidades de decano, etileno e peróxidos e suas respectivas composições mássicas na mistura, de acordo com a equação seguinte:

$$\rho_{mezcla} = \sum \rho_i \times x_i \quad (6.2.1.)$$

Para os peróxidos é de notar, que as densidades são valores aproximados pois é difícil conhecer as densidades exactas devido à estrutura complexa que apresentam.

Calculou-se de seguida o caudal que passa em cada tubo, (F), em Kg/h e fixou-se a velocidade do fluído (u) do tubo correspondente. A partir daí, calcula-se a área de secção através da equação 6.2.2.

Normalmente, para líquidos, o intervalo de velocidades está entre 1 e 3 m/s e para gases está entre 20 e 40 m/s, para garantir a máxima velocidade e o mínimo tempo de residência do produto dentro do tubo.

$$A = \frac{F}{\rho_{mezcla}} \times \frac{1}{(u \times 3600)} \quad (\text{m}^2) \quad (6.2.2.)$$

A partir desta área calcula-se o diâmetro do tubo, segundo a fórmula:

$$A = \pi \times \left(\frac{D}{2}\right)^2 \Leftrightarrow D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} \text{ (m)}$$

Obtido este diâmetro procura-se o diâmetro nominal por bibliografia adequada mediante as especificações dos tubos. Estas são: o número de Schedule possível e a normativa de dimensões que segue. As normativas estão descritas no apartado 5.2.4.1. <sup>[8]</sup>

Em algumas situações verifica-se que o diâmetro teórico calculado é muito pequeno, o que leva a tubos demasiado pequenos e por isso, sem resistência. Para garantir que o tubo tem a resistência e a força necessárias e considerando que os componentes estão praticamente limpos, fixa-se um diâmetro mínimo de 3/4 in.

No entanto, há a excepção dos tubos de água e dos tubos da mistura de peróxidos e dissolvente. Nestes fixa-se um diâmetro mínimo de 1/2 in.

Após estes cálculos especificaram-se todos os tubos e apresentaram-se estas especificações em tabelas que se podem encontrar no anexo A.2.

As especificações foram referentes aos seguintes aspectos: material de fabrico (aço inoxidável ou aço de carbono); condições de temperatura e pressão a que estão sujeitos; serviço que representam, isto é, se o componente que passa neles é peróxidos orgânicos, ou águas de refrigeração, ou dissolvente, etc; respectivo diâmetro nominal e número de Schedule, etc.

É relevante enunciar que todos os tubos da unidade de preparação de peróxidos são isolados devido ao alto risco de ignição dos produtos. Na unidade de tratamento de dissolvente o mesmo não acontece.

Após a análise, estudo e dimensionamento de tubos e instrumentos de controlo foi possível a realização de diagramas de instrumentação e tubos. Para a unidade de preparação de peróxidos realizou-se um diagrama de instrumentação e controlo e um diagrama de tubos, por forma a proporcionar uma melhor visualização, visto ser um diagrama mais complexo. Para a unidade de tratamento de dissolvente apenas se realizou um diagrama de instrumentação e tubos, devido à sua simplicidade. Estes diagramas encontram-se no anexo D.

Para o diagrama de instrumentação e tubos da unidade de tratamento de dissolvente, foi ainda possível obter informação sobre a relação dos tubos e suas conexões. Esta informação está apresentada na tabela 6.1. As linhas representam os tubos da unidade e estão numeradas de acordo com o diagrama de instrumentação e tubos.

As siglas RTJ e RF referem-se à face da flange. RTJ significa face com anel e RF significa face com ressalto.

**Tabela 6.1. Relação entre tubos e Conexões**

Linhas	Classe	Flanges
43	K1	2500 Lbs. RTJ.
44	D1	150 Lbs.RF
45	D1	150 Lbs.RF
46	K1	2500 Lbs. RTJ.
47	E1	300 Lbs. RF
48	E1	300 Lbs. RF
49	E1	300 Lbs. RF
50	E1	300 Lbs. RF
51	D1	150 Lbs.RF
52	D1	150 Lbs.RF
53	E1	300 Lbs. RF
54	D1	150 Lbs.RF
55	D1	150 Lbs.RF
56	D1	150 Lbs.RF
57	D1	150 Lbs.RF
59	D1	150 Lbs.RF

### **6.3. Dimensionamento de Equipamentos**

Realizou-se um dimensionamento básico de alguns equipamentos das unidades projectadas. São eles: os tanques agitados, os misturadores, a MRU e o permutador EC-200 da unidade de preparação de peróxidos; os tanques separadores e os permutadores da unidade de tratamento de dissolvente. Estas dimensões estão representadas nas tabelas seguintes.

**Tabela 6.2. Dimensões de tanques e misturadores**

Equipamentos	Material	Espessor (mm)	Capacidade (m3)	Dimensões (D*h) (m)	T de trabalho (°C)	P de trabalho (bar)
DA-200	aço de carbono	5	3	1,4*2	1	1,2
DA-201	aço de carbono	5	3	1,4*2	1	1,2
DA-202	aço de carbono	5	0,27	0,7*0,7	1	1,2
DA-203	aço de carbono	5	0,27	0,7*0,7	1	1,2
DA-204	aço de carbono	10	30	2,5*3,8	20	1,2
DA-205	aço de carbono	5	2	0,6*1	-10	1,2
DA-100	aço austenítico	17	1,48	0,7*3,2	10	25
DA-101	aço austenítico	4	1,48	0,7*3,2	10	1,8
DA-102	aço austenítico	25	11,2	1,5*5,53	10	1,3
MX-200	aço de carbono	15	0,29	0,61*1,5	5	1,2
MX-201	aço de carbono	15	0,29	0,61*1,5	5	1,2

**Tabela 6.3. Dimensões da MRU**

Equipamento	Material	Espessor (mm)	Capacidade (m3)	Dimensões(b*a*h) (m)	T de trabalho (°C)
MRU	aço de carbono	12	1,44	0,81*0,81*1,52	-8

**Tabela 6.4. Dimensões dos permutadores de calor**

Equipamento	Material	D.int/D.ext anulo (m)	Longitude (m)	T <sub>ent</sub> /T <sub>saída</sub> (°C) (refrigeração)	T <sub>ent</sub> /T <sub>saída</sub> produto (°C)	U (W/m <sup>2</sup> .°C)
EC-200	aço austenítico	0,0525/0,0603	22,4	(-8)/(-3)	50/5	30
EC-100	aço de carbono	0,0779/0,0889	10,57	30/36	150/110	410
EC-101	aço de carbono	0,0525/0,0603	8,7	138/130	(10)/(60)	32

No entanto, também se especificaram algumas características de alguns equipamentos de forma detalhada, como: os materiais de fabricação; as pressões e temperaturas de desenho; os pesos; as potências em relação às bombas e à MRU. Em relação às bombas também se verificaram quais as condições mínimas e máximas de operação e as condições de trabalho próprias para este projecto.

Este dimensionamento detalhado encontra-se exposto nas folhas de especificações que se encontram no anexo A.3.

## **7. Segurança no Desenho das Instalações**

### **7.1. Análise de Riscos Preliminar (HAZOP)**

Para evitar os acidentes e garantir a máxima segurança no funcionamento das novas instalações, realizaram-se análises de risco através do método HAZOP.

Para a unidade de preparação de peróxidos apenas se exemplificou uma análise para o tanque DA-200, já que, todos os restantes tanques e equipamentos seguem estratégias de controle semelhantes. Para a unidade de tratamento de dissolvente acontece o mesmo e para este caso apenas se efectuou uma análise ao tanque DA-100

Apresenta-se de seguida uma tabela resumida da análise Hazop, onde estão demonstradas algumas causas e consequências possíveis do aumento ou diminuição das variáveis em questão. Para o tanque DA-200 as variáveis estudadas são: o nível, a temperatura e a pressão. Enquanto que, para o tanque DA-100 além destas variáveis, também se analisou o caudal.

**Tabela 7.1. Exemplo de análise Hazop**

	Variável	Desvio	Causas	Consequências	Resposta
DA-200	Nível	mais	falha funcionamento de LV-98	Transbordo do tanque	Transmissores e alarmes de alto e baixo nível
		menos		Cavitação da bomba,GA-201	
	Temperatura	mais	falha da MRU	Perigo de ignição	Transmissores e alarmes de alta e baixa temperatura
		menos		Congelamento de peróxidos	
	Pressão	mais	falha na refrigeração	Aumento de temperatura	Transmissores e alarmes. Válvulas PSV
		menos		Entrada de ar e explosão	
DA-100	Nível	mais	falha funcionamento de LV-21	Estragos no pré-compressor	Transmissores e alarmes de alto, muito alto, baixo e muito baixo nível
		menos		Entrada de gás em DA-101	
	Temperatura	mais	falha de EC-100	Perigo de ignição	Transmissores e alarmes de alta, muito alta, baixa e muito baixa temperatura
		menos		Congelamento de dissolvente	
	Pressão	mais	falha funcionamento PV-26	Mais pressão no Pré-compressor	Transmissores e alarmes de alta, muito alta, baixa e muito
		menos		Entrada de líquido no	
	Caudal	mais	falha funcionamento FV-37	Aumento do nível do tanque	Transmissores de caudal
		menos		Diminuição do nível do tanque	

De forma a complementar a resposta do sistema, também se apresenta uma outra tabela com algumas das acções a empreender nas situações descritas.

**Tabela 7.2. Acções a empreender segundo o estudo HAZOP**

	Variável	Desvio	Acções a empreender
DA-200	Nível	mais	Comprovar e duplicar transmissores; instalar cubas de recolha por baixo dos depósitos;
		menos	Comprovar e duplicar transmissores
	Temperatura	mais	Comprovar e duplicar transmissores; accionar sistema de dilúvio; verificar o isolamento
		menos	Comprovar e duplicar transmissores; manipular válvula TV-109
	Pressão	mais	Comprovar e duplicar transmissores
		menos	Comprovar e duplicar transmissores; comprovar disco de ruptura PRD-200
DA-100	Nível	mais	Comprovar e duplicar transmissores e alarmes
		menos	
	Temperatura	mais	Comprovar e duplicar transmissores e alarmes; accionar o sistema de dilúvio
		menos	Comprovar e duplicar transmissores e alarmes
	Pressão	mais	Comprovar e duplicar transmissores e alarmes
		menos	
	Caudal	mais	Comprovar e duplicar transmissores
		menos	

Uma versão mais detalhada e completa da análise exemplificada encontra-se no anexo B.1.

## **7.2. Zonas Atex (Atmosfera explosiva)**

As zona onde se localizam as novas instalações são consideradas zona de atmosfera explosiva. Estas pertencem ao grupo dos líquidos inflamáveis da zona 1.

Para trabalhar nestas zonas, o operador tem que estar acompanhado de um detector de oxigénio para medir a percentagem de oxigénio que existe no ar, pois, o seu défice pode levar à morte por asfixia e o seu excesso pode originar uma variação notável no intervalo de explosividade dos elementos.

Assim, a quantidade normal é de 20,9% da percentagem total do volume de ar. Por esta razão, é usual suspeitar-se de uma leitura errada deste valor e tomarem-se as medidas adequadas de precaução.

Todos os equipamentos eléctricos pertencentes às zonas projectadas estão equipados de um sistema de resistência de atmosfera explosiva, estabelecido pela norma ATEX.

Os operadores ou as pessoas responsáveis pela manutenção têm também que estar acompanhadas de um detector que mede as quantidades volatilizadas de: etileno, peróxidos orgânicos e decano existentes no ar. Existem equipamentos que apenas alertam para uma concentração maior ou menor do produto através de um sinal audível e visível.

Cada componente ou produto tem os seus próprios limites de explosividade medidos ao nível do mar. O limite inferior é conhecido como “*Lower explosive level*”(LEL) e o limite superior como “*Upper explosive level*” (UEL). Deste modo, os limites de explosividade para o decano e o etileno, que são componentes inflamáveis deste projecto, apresentam-se na tabela seguinte.

**Tabela 7.3. Intervalo de explosividade de decano e de etileno**

	% volume em ar		Em g/m <sup>3</sup> (Temp= 20°C)	
	LEL	UEL	LEL	UEL
Decano	0,7	5,4	41	320
Etileno	2,7	34	31	390

### **7.2.1. Protecção de equipamentos a sobrepressão**

Aplicaram-se medidas de segurança aos equipamentos que podem estar a sobrepressão, de modo a evitar possíveis explosões e perdas de produto. Como tal, define-se que cada tanque possui duas válvulas de segurança e um disco de ruptura. Estes estão representados nos diagramas de instrumentação e tubos realizados.

As válvulas de segurança estão desenhadas para libertar fluído quando a pressão interna de um sistema que o contém supera o limite estabelecido pela pressão de tara.

Os discos de ruptura já estão tarados a uma pressão superior às válvulas de segurança e quando estes se rompem perde-se todo o produto que está contido nos tanques. Por isso, algumas vezes é necessário colocar outro disco de ruptura, apresentando-se mais uma tentativa de evitar essa situação.

Quando se dá a descarga de peróxidos nos tanques verifica-se uma situação de perigo, pois, os vapores mais voláteis desprendem-se e provocam o aumento da pressão de trabalho dos respectivos tanques. Neste caso, as válvulas de segurança aliviam esta sobrepressão, minimizando o risco de explosão.

Apresentam-se no anexo A.4., tabelas com todas as válvulas de segurança e discos de ruptura necessários neste projecto e as suas características mais pertinentes

### **7.2.2 Plano de emergencia/ Auto-protecção**

A partir da entrada da lei 31/1995, ainda em vigor, generaliza-se a obrigatoriedade de estudar as situações de emergência que podem ocorrer, estabelecendo-se um plano de emergência ou auto-protecção como resposta automática a estas situações.

Como situações de emergência estão a ocorrência de derrames ou fugas de produtos químicos, onde é necessário um estudo detalhado para estimar as respectivas consequências. Para isto, é possível utilizarem-se diversas metodologias de análise de consequências.

Não obstante, quando se trabalha com produtos químicos que geram riscos de inflamabilidade, corrosividade e toxicidade que afectam os trabalhadores ou as pessoas em geral ou o meio ambiente, também deve existir um plano de emergência.

Após a construção desse plano é importante realizarem-se alguns simulacros. Deste modo, para um derrame ou fuga, a sequência de actuação mais comum baseia-se nos seguintes passos:

1. Pôr-se a salvo, afastando-se da zona perigosa.
2. Sempre que seja possível identificar o produto químico
3. Informar o acontecimento imediatamente, referindo a presença ou ausência de feridos.  
Se existem feridos, as medidas a tomar são: resgate dessas pessoas e aplicação de primeiros-socorros.
4. Isolar a zona.
5. Informar-se sobre os riscos do produto químico.

6. Estabelecer um plano de acções.
7. Equipar-se adequadamente.
8. Parar o derrame ou fuga.
9. Limpar e gestionar os resíduos gerados.

### 7.2.3. Sistemas de Dilúvio

Os sistemas de dilúvio também formam parte da arquitectura dos sistemas de contra-incêndios. Estes são localizados em terminais de algum ramal da rede, e servem para proteger equipamentos importantes ou zonas estratégicas ou zonas muito localizadas. A actuação de disparo é automática mas passado um tempo, é manual.

Então, a rede abrange todas as áreas a proteger e também as cabeças de pulverização, que estão distribuídas com o espaçamento adequado ao combate de um incêndio.

As cabeças de pulverização permanecem abertas (não têm fusível) e a rede permanece vazia, pois, a água só chega até a uma válvula de desenho especial que, tem o nome de válvula de dilúvio, que se encontra fechada.

Em caso de incêndio, a resposta do sistema de detecção é abrir a válvula de dilúvio, e deixar entrar a água na rede. Como todas as cabeças de pulverização se abrem, a descarga de água dá-se em simultâneo por todas elas.

Além desta resposta, também há um alarme automático que é accionado quando o sistema de detecção de incêndios dispara.

Apresenta-se na próxima figura um esquema do sistema de dilúvio deluxe ou também conhecido por sistema de inundação.

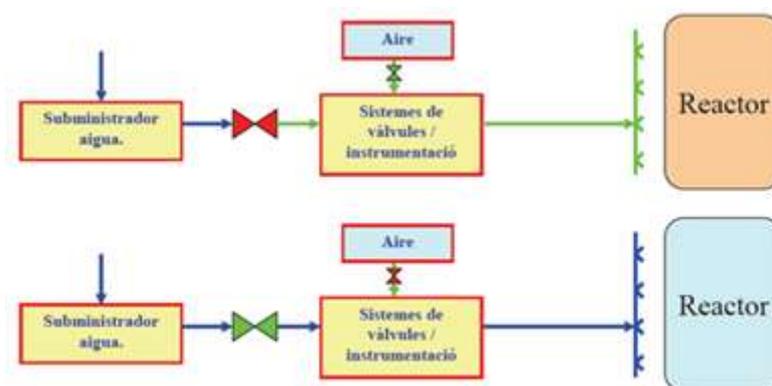


Figura 7.1. Esquema do sistema de dilúvio <sup>[10]</sup>

Um factor não menos importante sobre este sistema é o tipo de bombas de fornecimento de água utilizadas. Estas têm que ser bombas diesel, pois, se ocorre uma queda de tensão na rede, a bomba pode continuar a funcionar. Estas bombas garantem grandes caudais e grandes pressões.

Após isto calcularam-se os caudais de água necessários para abastecer os equipamentos das instalações projectadas. Estes estão apresentados em tabelas no anexo B.2.

### **7.3. Segurança Laboral**

A legislação dos sistemas de protecção pessoal está representada no real decreto 614/2001, de 8 de Junho. Este decreto está de acordo com as disposições mínimas para a protecção e segurança dos trabalhadores face ao risco eléctrico, isto é, tendo em conta as cargas electrostáticas produzidas pelos trabalhadores ou pelo seu ambiente de trabalho. Segundo o artigo 3, todos os trabalhadores necessitam de um calçado electrostático e roupa de trabalho manufacturada por materiais que não provoquem descargas electrostáticas e consequentemente a ignição em atmosfera explosiva.

Os elementos de protecção individual para trabalhar em fábrica são:

- ✓ Roupa à prova de fogo: Para a protecção em caso de deflagração no sistema. É recomendada pela União Europeia e pelo Estado espanhol. Para o caso específico deste projecto é considerada obrigatória.
- ✓ Óculos de segurança: Estes não são obrigatórios, mas também se recomenda a sua utilização para evitar que possíveis fugas e salpicos provoquem danos oculares nos operários.
- ✓ Luvas: Para a protecção das mãos por riscos mecânicos. No caso das instalações projectadas este equipamento não é obrigatório
- ✓ Botas de segurança: O seu uso segue a norma EN-345 e são consideradas obrigatórias.
- ✓ Capacete: É obrigatório para as instalações deste projecto.
- ✓ Dispositivos de respiração autónoma: Possivelmente são os dispositivos mais importantes no que se refere à segurança pessoal. As fugas que possam existir e a limpeza do interior dos tanques levam a que os operários corram um risco muito grande de inalação do produto em causa. Contudo, para as instalações em causa têm, apenas, que estar disponíveis caso seja necessário.

Em formato electrónico encontram-se as folhas de segurança dos componentes: etileno, propileno e dos três peróxidos orgânicos utilizados no processo.

## **7.4. Segurança no Armazenamento/Transporte/Descarga**

### **7.4.1. Transporte e armazenamento de peróxidos**

Os peróxidos orgânicos utilizados no processo têm que ser armazenados antes de serem depositados nos tanques da unidade de preparação de peróxidos, devido à sua inflamabilidade. Sendo assim, o armazenamento e/ou manipulação de quantidades de peróxidos orgânicos superiores a 5 Kg, segue o real decreto RD 105/2010 de 5 de Fevereiro, publicado no BOE nº 67 de 18 de março de 2010. Esta legislação está em vigor por 5 anos.<sup>[11]</sup>

O transporte desses peróxidos para o local de armazenamento também tem de ser considerado. Este segue o anexo A do acordo europeu sobre o transporte nacional/internacional de mercadorias perigosas por estrada (ADR), realizado em Genebra no dia 30 de Setembro de 1957, o qual, sofreu uma renovação em Julho de 2009.<sup>[12]</sup>

Como foi visto no ponto 6.3, os tanques da unidade de preparação de peróxidos são de 3 m<sup>3</sup>, mas por uma questão de segurança considera-se uma capacidade máxima de 2 m<sup>3</sup>.

Segundo o ponto 4 do ADR, os peróxidos utilizados no projecto pertencem aos peróxidos líquidos do tipo F e por isso, podem ser transportados em recipientes IBC com capacidade máxima de 1000 L ou 1250 L.

Após isto, considera-se que as misturas de peróxidos e decano também podem ser transportadas no mesmo tipo de recipientes, com a capacidade máxima de 1000 L, ficando depois, armazenadas na fábrica nesses mesmos recipientes.

Pelo caudal de saída dos tanques da unidade em questão, 10 Kg, estima-se que de 8 em 8 dias se recebem 4 IBC: 2 para cada tanque de mistura. Gasta-se aproximadamente 1000 L de 4 em 4 dias.

De acordo com as disposições do capítulo 9.6 do ADR, considera-se que os IBC chegam à fábrica dentro de um contentor frigorífico que se conecta à rede eléctrica. Este contentor funciona como uma cisterna portátil que fica na fábrica, mantendo as misturas de peróxidos e decano, a uma temperatura aproximada de 1°C.

A temperatura de regulação obrigatória está entre -20°C e 10°C, que corresponde ao intervalo de temperaturas do peróxido mais reactivo, TBP (Tert-Butil-Peroxipivalato). Um controlo deste tipo evita a decomposição ou congelamento das misturas. No entanto, como medida de segurança coloca-se um termopar na zona de armazenamento.

Segundo a quinta secção do decreto de lei, o contentor frigorífico está localizado a uma distância mínima de 14 m das outras instalações da fábrica.<sup>[12]</sup>

### 7.4.2. Balsas de recolha de peróxidos

Quando há manipulação de produtos inflamáveis, os acidentes mais comuns em indústria resultam de incêndios. Para evitá-los procede-se à instalação de balsas de recolha de derrames e/ou fugas dos tanques DA-200, DA-201, DA-202, DA-203. As novas instalações estão sobre o solo e estas balsas são de betão armado.

Os derrames, fugas ou qualquer outro tipo de desperdícios dos tanques anteriores são conduzidos até a uma balsa de recolha comum.

Segundo o acordo RD 105/2010 do BOE, a balsa de recolha tem 10% mais de capacidade em relação à capacidade dos tanques, DA-200 e DA-201 e é dimensionada para 40 minutos de água a fim de dissolver o máximo de tempo possível os peróxidos, em caso de uma situação mais grave. Além disso, é necessário que esta balsa mantenha a distância de segurança a respeito das instalações já existentes e o espessor máximo da camada de peróxidos deve limitar-se a 0.5 m.

O combate ao fogo no caso de incêndio na balsa de recolha realiza-se mediante as normas do artigo 11. Assim, utiliza-se água pulverizada ou água nebulizada com uma capacidade de 15 L/min.m<sup>2</sup>.

Para garantir que tudo isto se cumpra é necessária uma boa sinalização da zona de armazenamento, através da colocação de sinais normalizados e sinais de perigo do produto armazenado, a respectiva capacidade e temperatura.<sup>[11]</sup>

### 7.4.3. Transporte e descarga de dissolvente

A informação referente ao transporte e descarga de dissolventes encontra-se no mesmo acordo referido anteriormente (ADR).<sup>[12]</sup>

Como o dissolvente utilizado é um hidrocarboneto medianamente perigoso (decano), considera-se que pertence ao grupo II de embalagem. Segundo o ADR, o transporte pode realizar-se por camiões cisterna fixa e que suportam uma quantidade igual ou superior de 3000 L.

Como vimos no ponto 6.3. o tanque de dissolvente, DA-204 tem uma capacidade máxima de 30 m<sup>3</sup>, mas por uma questão de segurança considera-se como máximo, 20 m<sup>3</sup>. Por esta razão e sabendo que o caudal de saída do tanque é de 40 Kg/h, define-se que de mês a mês são recebidos 10 m<sup>3</sup> de decano e são descarregados directamente no tanque.

Para evitar as fugas e desperdícios instala-se também uma balsa de recolha por baixo do tanque. Estes são conduzidos a uma rede de efluentes oleosos.

## **8. Meio ambiente no desenho das instalações**

Como impacto ambiental na atmosfera, o projecto conta com as quantidades de vapor desprendidas dos tanques de mistura de peróxidos e dissolvente da unidade de preparação de peróxidos, nomeadamente, DA-200, DA-201, DA-202 e DA-203. Estas quantidades queimam-se numa tocha, provocando as emissões dos gases de combustão para a atmosfera. Para calcular as quantidades de vapor que se desprendem utilizou-se a equação dos gases ideais, e obteve-se: 0,105 Kg/h para DA-200 e DA-201; 0,3 Kg/h para DA-202 e DA-203. Já as quantidades dos gases que chegam à atmosfera não se podem saber devido à complexa formulação das misturas de peróxidos e decano.

Como estas emissões consistem em quantidades muito pequenas, apenas são conduzidas para a tocha quando os tanques ficam cheios, pois só quando sobe o nível dos tanques é que há maior libertação dos vapores internos. Por isso, considera-se que os vapores de todos os tanques são conduzidos à tocha de 5 em 5 dias.

Em relação ao tanque de dissolvente também se desprende uma certa quantidade de vapor que é conduzida para a tocha de mês a mês.

Ainda nesta unidade de preparação de peróxidos, entra no balanço do impacto ambiental, as emissões contínuas de decano através de fugas nas juntas ou em outras zonas, também denominadas de emissões fugitivas por corresponderem a quantidades muito pequenas.

Já na unidade de tratamento de dissolvente há uma quantidade de vapor que se desprende do tanque DA-102 e se leva também à tocha. Como este, é um separador de fases, calculou-se essa quantidade de vapor através da lei de Henry e tem um valor de 0,084 Kg/h de etileno. Por outro lado, este tanque liberta como resíduos líquidos cerca de 24,5 Kg/h. Através de cálculos de estequiometria da reacção de combustão, obteve-se uma quantidade de CO<sub>2</sub> emitida para a atmosfera de 0,264 Kg/h.

O etileno e o decano que saem de DA-100 da purga servem de alimentação a outra unidade de processo, pelo que não influenciam o impacto ambiental.

Apesar de se mencionarem todas estas emissões, há outras mais significativas que resultam dos derrames e desperdícios que se evaporam dos tanques de mistura de peróxidos e decano e do tanque de decano.

Na continuação da análise do impacto ambiental realizou-se uma estimação dos consumos energéticos anuais do novo processo, que se encontram em tabelas no anexo B.3.

## **9. Manutenção das Instalações**

Para que haja uma boa manutenção da fábrica, é necessária a instalação dos equipamentos e acessórios de forma acessível ao operador, prevenindo a sua segurança.

No caso de bloqueio ou falha de equipamentos, instalam-se válvulas de bloqueio que actuam como retentoras do fluído que passa. Através delas é possível desmontar-se e trabalhar-se nos equipamentos que apresentam falhas, da forma mais segura possível, de modo a colocá-los novamente em funcionamento.

Nos tanques, nas bombas e nas válvulas pilotadas da unidade de peróxidos instalam-se duas válvulas de bloqueio, à entrada e à saída. Enquanto, que na unidade tratamento de dissolvente instala-se apenas uma válvula de bloqueio nos tanques separadores e duas válvulas de bloqueio em duas válvulas pilotadas.

Para a manutenção da unidade de peróxidos é essencial os operadores verificarem as condições e o bom funcionamento dos equipamentos mais importantes.

Normalmente esta verificação faz-se de duas em duas horas e envolve: os níveis de óleo e as pressões de impulsão das bombas; a pressão de entrada e temperatura de saída dos permutadores de calor de tubo duplo; as temperaturas e níveis dos tanques; a pressão diferencial dos misturadores MX-200 e MX-201; a temperatura de entrada do reactor.

É de referir que caso o nível de óleo de lubrificação das bombas, em especial das bombas de alta pressão, baixe, procede-se de imediato à sua substituição.

Além disso, também é necessário verificar a MRU, o tanque misturador estático e também as bombas de cano. É preferível que a limpeza a estas bombas se efectue de 15 em 15 dias, através de uma solução de decano. No final, estes resíduos são enviados para recipientes IBC e depois para o tanque cisterna DA-202.

Outra medida de prevenção e manutenção passa por uma limpeza de todos os tubos de peróxidos, no dia em que se realiza uma paragem no funcionamento da fábrica. Para isto, enche-se o tanque de mistura de peróxidos com dissolvente e abrem-se as válvulas para que este passe por todos os equipamentos e tubos. No entanto, este dissolvente de limpeza não chega ao reactor, em vez disso, é conduzido aos recipientes IBC.

## **10. Manual de Operação**

Há umas particularidades que estão representadas nos diagramas de instrumentação e de tubos da unidade de preparação de peróxidos que não foram ainda mencionadas. Uma delas é a existência de duas MRU e não apenas uma como foi considerado no diagrama de fluxo. Esta segunda MRU serve como reserva, para o caso de haver alguma falha ou avaria na primeira.

Na realidade a primeira MRU não está em funcionamento contínuo, e por isso, calcula-se a sua demanda térmica aos tanques de mistura, considerando que só trabalha aproximadamente cada trinta minutos no Verão, por ser a altura em que se atingem as temperaturas mais críticas. Considera-se assim que trinta minutos é o tempo suficiente para refrigerar os quatro tanques, DA-200, DA-201, DA-202, DA-203. Assim, a demanda térmica dos tanques à MRU é o dobro da demanda térmica da MRU aos tanques.

No inverno, como as temperaturas são mais baixas e não é necessária uma refrigeração acentuada, considera-se que a MRU não está em funcionamento. Deste modo, a unidade de peróxidos dispõe de uma corrente descontínua mediante um termopar localizado nos depósitos de peróxidos. Quando a temperatura ultrapassa o limite fixado, o termopar envia o sinal para que a MRU comece a funcionar.

Também as bombas de alta pressão não são apenas duas como está representado no diagrama de fluxo. Estas bombas são na realidade quatro, em que duas servem também como reserva em caso de falha ou avaria das principais.

Além destas particularidades, o manual de operação inclui também as primeiras provas ou testes aos equipamentos das unidades em questão.

Para a Unidade de preparação de peróxidos, as provas realizam-se ao permutador, EC-200, a todas as bombas e às duas MRU.

Para a Unidade de tratamento de disolvente é essencial que se realize uma prova com água aos permutadores de calor, EC-100 e EC-101 e à bomba GA-214 antes da operação com o produto. Para esta prova estes equipamentos estão nas suas condições máximas, para que se verifiquem as suas resistências.

Efectuam-se também provas às válvulas pilotadas, e aumenta-se a pressão dos tanques que tenham válvulas de segurança para confirmar que a pressão de tara é correcta.

### **10.1. Funcionamento da Fábrica**

Depois de todas as provas, a fábrica está preparada para operar com o novo processo de obtenção de polietileno, de forma contínua. O mecanismo é o seguinte:

- 1) Injectam-se as matérias-primas.
- 2) Após o enchimento dos tubos, ligam-se simultaneamente todos os compressores para que não haja uma sobrecarga nos tubos e outros equipamentos.
- 3) Juntamente com o segundo passo activa-se a válvula pilotada que controla o Pre-compressor. As matérias-primas passam pelos compressores e são injectadas no reactor.
- 4) Simultaneamente entra em funcionamento a unidade de preparação de peróxidos em que primeiramente as misturas de peróxidos e dissolvente são descarregadas nos tanques de mistura e por outro lado, o dissolvente é descarregado no tanque respectivo.
- 5) De seguida, ligam-se todos os controladores, depois a MRU, a bomba correspondente e o permutador, EC-200.
- 6) Num outro passo, são activadas as bombas dosificadoras, pela seguinte ordem: GA-201, GA-202, GA-203, GA-204, GA-205, GA-206, GA-207 e GA-208. Com esta activação as misturas de peróxidos e dissolvente são injectados no reactor.
- 7) Ocorre a reacção de polimerização e a corrente de etileno e dissolvente é purgada, activando-se a unidade de tratamento de dissolvente. De igual forma, os controladores são os primeiros a serem activados, seguidos dos permutadores.
- 8) Após passar por todos os separadores de fases, o dissolvente recuperado do etileno, é levado ao camião cisterna, através da activação da bomba GA-214.
- 9) Os produtos do reactor passam pelos separadores DA-01 e DA-07 que são activados junto com os compressores. O polietileno produzido é depois enviado à extrusora.

Para completar e proporcionar uma melhor visualização do funcionamento da fábrica realizaram-se um plot-plan e dois layouts respectivos às duas unidades em questão.

As áreas localizadas no plot plan estão divididas em duas zonas principais: uma primeira zona situada a sudeste, cerca da unidade de compressão onde se encontra a unidade de tratamento de dissolvente: uma segunda zona situada a sul, onde se localiza a unidade de preparação de peróxidos orgânicos. O armazém de peróxidos está situado na zona norte por medidas de segurança já mencionadas.

Além disso, a segunda zona pode dividir-se em quatro secções: a zona de refrigeração de água com glicol, que está mais próxima dos equipamentos de compressão; a unidade de

preparação de peróxidos em relação às misturas de peróxidos e decano; a secção de descarga e armazenamento de decano; a secção referente à fase final da preparação, isto é, onde se situam as quatro bombas de alta pressão.

Estes diagramas encontram-se no anexo D, juntamente com o diagrama de blocos conceptual que foi realizado numa fase preliminar do projecto.

Apesar da fábrica operar continuamente, podem-se verificar paragens de emergência, o que se sucede quando: há um descontrolo da temperatura dentro do reactor, havendo o risco de explosão; há um descontrolo do nível dos tanques separadores da unidade de tratamento de dissolvente que provoca falhas ou problemas no pre-compressor e no booster; há falhas no fornecimento de ar às válvulas pilotadas que são activadas por este. Isto origina um controlo erróneo por parte dos transmissores e controladores.

## **11. Avaliação Económico**

Para a análise económica só se tem em conta o custo dos equipamentos e das energias das instalações projectadas. Por outro lado, às matérias-primas, às ajudas do processo (peróxidos e dissolvente) e aos resíduos aplica-se o custo dos incrementos em comparação com as quantidades já existentes na fábrica actual. Além disso, também se têm em conta os incrementos de energias/utilidades da nova compressão de etileno.

Assim para o cálculo do investimento inicial apresenta-se seguidamente uma tabela com os custos de todos os equipamentos. No entanto, alguns deles não são considerados principais no processo, como: os IBC; o contentor frigorífico de armazenamento; os misturadores estáticos; os agitadores eléctricos dos tanques de mistura.

**Tabela 11.1. Investimento inicial dos novos equipamentos<sup>[13]</sup>**

<b>Equipamentos</b>	<b>Custo (euros)</b>
IBC	705,49
Permutadores de calor	31.962,86
Bombas	530.051,68
MRU	9.600,00
Misturadores estáticos	2.349,15
Tanques de mistura	46.385,72
Contentor frigorífico	8.900,00
Separadores de fases	173.612,53
Bombas de cano	700,00
Total	804.267,43

Posteriormente, calculou-se o custo total das instalações considerando-se que os custos indirectos eram 29% dos custos directos e 14% dos custos correspondiam a imprevistos, o que resultou em 2.608.635 euros.

De seguida, obtiveram-se os valores das vendas e gastos do processo. O valor das vendas é 35.118.120 euros e corresponde às vendas de PEBD, considerando a quantidade a mais produzida pelo processo de peróxidos quando comparado com o processo de oxigénio. E os gastos são respectivos: aos custos de matérias-primas, matérias auxiliares e ajudas de processo, com um valor total de 28.908.382 euros; à manutenção e estrutura, com um valor de 65.216 euros, considerando um factor de instalação de 2.5%; ao capital circulante resultante dos inventários ao armazenamento das misturas de peróxidos em IBC e ao polietileno a mais produzido por mês. Este capital tem um valor de 1.445.794 euros; à amortização segundo o

capital (ou custo total de instalação) para uma vida útil de 15 anos, e tem um valor de 173.909 euros por ano.

Em relação aos serviços, realizou-se um balanço entre gastos e vendas e obteve-se o resultado de -229.835 euros, o que significa que com o processo de peróxidos o custo dos serviços é reduzido.

Numa outra fase procedeu-se ao cálculo da conta de resultados de perdas e benefícios, em que o primeiro ano corresponde ao ano do investimento do projecto, isto é, o ano da implementação de equipamentos e instalações, e no qual está incluído o capital circulante. Considerou-se que neste primeiro ano a fábrica operava a 80% e só a partir do quarto ano é que a fábrica operava com uma capacidade de produção máxima, de 100%.

Por último, aplicaram-se os métodos VAN (valor actual neto) e TIR (taxa interna de rentabilidade). Através do primeiro método verificou-se que a recuperação do investimento inicial está entre o 12º e 13º anos, com uma taxa de juros entre 36 e 39%. No final de 15 anos de vida útil há uma taxa de juro de 45% e um VAN de 1.765.392 euros. Posto isto, obtém-se uma taxa interna de rentabilidade (TIR) maior que 45%, ou mais especificamente cerca de 70%.

Sendo assim, o projecto é viável economicamente, visto que, o VAN é positivo durante o tempo de vida útil da fábrica.

## **12. Conclusões**

Com a realização do projecto obtiveram-se como resultados principais, os objectivos mínimos fixados no início, em que há um aumento de produção de polietileno de baixa densidade em comparação com o processo existente de 23.479 Ton/ano. Estes resultados estão apresentados na tabela seguinte.

**Tabela 12.1. Comparação entre as bases de desenho e os resultados**

	<b>Base de Desenho</b>	<b>Resultados</b>
<b>Taxa de funcionamento Hr/año</b>	8320	8320
<b>Taxa de funcionamento %</b>	95,0%	95,0%
<b>Capacidade do Hiper-compressor</b>	44.100	44.100
<b>Conversão (%)</b>	20,5%	26,9%
<b>Taxa de Produção (Kg/h)</b>	9.041	11.863
<b>Produção (Kg/año)</b>	75.221.120	98.700.160
<b>Diferença (Kg/año)</b>		23.479.040

Com o incremento de produção obtém-se um valor de vendas na ordem de 35 milhões de euros. Os gastos da implementação do projecto são inferiores ao valor das vendas e têm um valor de 30 milhões de euros. O investimento inicial é de 804 mil euros.

Deste modo, verifica-se que o projecto é rentável para uma vida útil de 15 anos.

Outra conclusão importante está relacionada com o impacto ambiental do projecto. Foi comprovado que em comparação com o processo de oxigénio, o processamento com peróxidos orgânicos em novas instalações tem um impacto ambiental negativo, visto que, com o processo de oxigénio a fábrica não tinha qualquer impacto ambiental, pois, apenas se libertava oxigénio para a atmosfera através de válvulas de resposta rápida durante as paragens de operação da fábrica.

### **13. Referências Bibliográficas**

- [1] Oficina Termoplástica Milanese S.r.l (OTM). Protecção para plásticos. Itália. Citado em 2000. Disponível em URL: [http://www.otm-it.com/pages\\_uk/materiali.asp](http://www.otm-it.com/pages_uk/materiali.asp)
- [2] Stoiljkovic Dragoslav; Damjanovic Budimir; Dordevié Jovica; Spehar Danko; Jovanovic Slobodan. “Compressed Ethylene Phase states and their importance for the production of Low density Polythylene”. Hemijska Industrija, volume 60, capítulo 11-12, páginas 283 -286, 2006.
- [3] Tecnologia Mecânica. Diapositivos sobre plásticos e as suas aplicações. Disponível em URL: <http://in3.dem.ist.utl.pt/mscdesign/01tecmecc/notas6.pdf>
- [4] Bartholomew, Clavin H.; Farrauto, Robert J. “Fundamentals of Industrial Catalytic Reactor Proceses”. 2ª Edição, Jonh Wiley & Sons, New Jersey: 2006.
- [5] Yamane, Marcelo Massayoshi. “Modificação das Propriedades Mecánicas do Polietileno de alta Densidade através de mistura com Polietileno Linear de Baixa Densidade”. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2010 (Tese de mestrado em ciências e tecnologias de polímeros).
- [6] Pla, Josep. Hiperenciclopèdia, Catalunya [em linha]. Tarragona Climate. Enciclopèdia Catalana S.A., 1997-2012. Citado em 1995.  
Disponível em URL:  
<http://www.grec.cat/cgi-bin/dificil.pgm?USUARI=&SESSIO=&PGMORI=E&NDCHEC=0239481>
- [7] Sirocco. Wikipedia, the free encyclopedia. Data de revisão da página: 13 de Dezembro de 2012. Disponível em URL: <http://en.wikipedia.org/wiki/Sirocco>
- [8] A.Keith Escoe. “Piping and pipelines, Assessment guide”. 1ª edição. Elsevier Inc.,2006.
- [9] Autoclave Engineers. “High pressure tubing. Direct Industry Autoclave Search [em linha], catálogos pela Parker Hannifin.  
Disponível em URL: [http://pdf.directindustry.com/pdf/autoclave-engineers/high-pressure-fittings-tubing-to-100-000-psi/12889-7842-\\_5.html](http://pdf.directindustry.com/pdf/autoclave-engineers/high-pressure-fittings-tubing-to-100-000-psi/12889-7842-_5.html)
- [10] Bermad, water control solutions. Protecção contra incêndios. Catálogo.  
Disponível em URL: <http://www.bermad.com/fire-protection-lobby>
- [11] Boletim oficial do Estado (BOE). “Ministerio de Industria, Comercio y Turismo”. Número 67, secção I. Quinta, 18 de Março de 2010.
- [12] Boletim oficial do Estado (BOE). “Ministerio de Asuntos Exteriores y de Cooperación”.Número 182, secção I. Quarta, 29 de Julho de 2009.

[13] Gael D.Ulrich. "A Guide to Chemical Engineering Process Design and economics". John Wiley & Sons.Inc, 1984.

## 14. Anexos

### Anexo A: Especificações a nível de equipamentos

#### A.1. Tabelas de controladores, transmissores e válvulas

##### A.1.1. Tabelas para a unidade de tratamento de dissolvente

TAG	SERVICIO EQUIPO	TIPO	RANGO	UNIDADES.
TE-0	DA-100	Elemento de Temperatura	10	°C
TIC-1	DA-100	Controlador indicador de temperatura	10	°C
TV-2	DA-100	Válvula de temperatura	10	°C
TE-3	DA-100	Element de Temperatura	10	°C
TI-4	DA-100	Indicador de Temperatura	10	°C
TAL-5	DA-100	Alarma de baja temperatura	9,5	°C
TALL-6	DA-101	Alarma de muy baja Temperatura	9	°C
TAH-7	DA-100	Alarma de alta Temperatura	10,5	°C
TAHH-8	DA-100	Alarma de muy alta Temperaura	11	°C
TAL-9	DA-100	Alarma de baja temperatura	9,5	°C
TALL-10	DA-101	Alarma de muy baja Temperatura	9	°C
TAH-11	DA-100	Alarma de alta Temperatura	10,5	°C
TAHH-12	DA-100	Alarma de muy alta Temperaura	11	°C
LT-13	DA-100	Transmisor de nivel	1	m
LI-14	DA-100	Indicador de Nivel	1	m
LAL-15	DA-100	Alarma de bajo nivel	0,7	m
LALL-16	DA-100	Alarma de muy bajo nivel	0,5	m
LAH-17	DA-100	Alarma de alto nivel	1,2	m
LAHH-18	DA-100	Alarma de muy alta Temperaura	1,5	m
LT-19	DA-100	Transmisor de nivel	1	m
LIC-20	DA-100	Controlador indicador de nivel	1	m
LV-21	DA-100	Valvula de nivel	1	m
LAL-20	DA-100	Alarma de bajo nivel	0,7	m
LALL-21	DA-100	Alarma de muy bajo nivel	0,5	m
LAH-22	DA-100	Alarma de alto nivel	1,2	m
LAHH-23	DA-100	Alarma de muy alta Temperaura	1,5	m
PT-24	DA-100	Transmisor de Presión	25	bar
PIC-25	DA-100	Controlador indicador de presión	25	bar
PV-26	DA-100	Válvula de presión	25	bar
PT-27	DA-100	Transmisor de Presión	25	bar
PI-28	DA-100	Indicador de Presión	25	bar
PAH-29	DA-100	Alarma de alta presión	26	bar
PAHH-30	DA-100	Alarma de muy alta presión	27	bar
PAL-31	DA-100	Alarma de baja presión	24	bar
PALL-32	DA-100	Alarma de muy baja presión	23	bar
PAH-33	DA-100	Alarma de alta presión	26	bar
PAHH-34	DA-100	Alarma de muy alta presión	27	bar
PAL-35	DA-100	Alarma de baja presión	24	bar
PALL-36	DA-100	Alarma de muy baja presión	23	bar
FV-37	DA-100	Válvula de caudal	800	Kg/h
FIC-38	DA-100	Controlador indicador de caudal	800	Kg/h
FT-39	DA-100	Transmisor de caudal	800	Kg/h
FE-40	DA-100	Elemento de caudal	800	Kg/h
FV-41	Purificación Etileno	Válvula de caudal	199	Kg/h
FIC-42	Purificación Etileno	Controlado de caudal	199	Kg/h
FT-43	Purificación Etileno	Transmisor de caudal	199	Kg/h
FE-44	Purificación Etileno	Elemento de caudal	199	Kg/h
TE-45	DA-101	Elemento de Temperatura	10	°C
TIC-46	DA-101	Controlador indicador de Temperatura	10	°C
TV-47	DA-101	Válvula de temperatura	10	°C

## Aumento da Capacidade de Produção de PEBD

TAG	SERVICIO EQUIPO	TIPO	RANGO	UNIDADES.
TAL-48	DA-101	Alarma de bajo temperatura	10	°C
TALL-49	DA-101	Alarma de muy bajo temperatura	10	°C
TAH-50	DA-101	Alarma de alto temperatura	10	°C
TAHH-51	DA-101	Alarma de muy alta temperatura	10	°C
TI-52	DA-101	Indicador de Temperatura	10	°C
TAL-53	DA-101	Alarma de bajo temperatura	10	°C
TALL-54	DA-101	Alarma de muy bajo temperatura	10	°C
TAH-55	DA-101	Alarma de alto temperatura	10	°C
TAHH-56	DA-101	Alarma de muy alta temperatura	10	°C
TE-57	DA-101	Elemento de Temperatura	10	°C
LT-58	DA-101	Transmisor de nivel	1	m
LIC-59	DA-101	Controlador indicador de nivel	1	m
LV-60	DA-101	Valvula de nivel	1	m
LT-61	DA-101	Transmisor de nivel	1	m
LI-62	DA-101	Indicador de nivel	1	m
LAL-63	DA-101	Alarma de bajo nivel	0,7	m
LALL-64	DA-101	Alarma de muy bajo nivel	0,5	m
LAH-65	DA-101	Alarma de alto nivel	1,2	m
LAHH-66	DA-101	Alarma de muy alto nivel	1,5	m
LAL-67	DA-101	Alarma de bajo nivel	0,7	m
LALL-68	DA-101	Alarma de muy bajo nivel	0,5	m
LAH-69	DA-101	Alarma de alto nivel	1,2	m
LAHH-70	DA-101	Alarma de muy alto nivel	1,5	m
PT-71	DA-102	Transmisor de Presión	1,3	bar
PI-72	DA-102	Indicador de Presión	1,3	bar
PAL-73	DA-102	Alarma de baja presión	1,2	bar
PALL-74	DA-102	Alarma de muy baja presión	1,1	bar
PAH-75	DA-102	Alarma de alta presión	1,4	bar
PAHH-76	DA-102	Alarma de muy alta presión	1,5	bar
PT-77	DA-102	Transmisor de Presión	1,3	bar
PIC-78	DA-102	Controlador indicador de presión	1,3	bar
PV-79	DA-102	Valvula controladora de presión	1,3	bar
PAL-80	DA-102	Alarma de baja presión	1,2	bar
PALL-81	DA-102	Alarma de muy baja presión	1,1	bar
PAH-82	DA-102	Alarma de alta presión	1,4	bar
PAHH-83	DA-102	Alarma de muy alta presión	1,5	bar
LT-84	DA-102	Transmisor de nivel	4	m
LIC-85	DA-102	Controlador indicador de nivel	4	m
LV-86	DA-102	Valvula de nivel	4	m
LT-87	DA-102	Transmisor de nivel	4	m
LI-88	DA-102	Indicador de nivel	4	m
LAH-88	DA-102	Transmisor de alto nivel	4,2	m
LAHH-89	DA-102	Transmisor de muy alto nivel	4,5	m
LAL-90	DA-102	Transmisor de bajo nivel	3,5	m
LALL-91	DA-102	Transmisor de muy bajo nivel	3	m
LAH-92	DA-102	Transmisor de alto nivel	4,2	m
LAHH-93	DA-102	Transmisor de muy alto nivel	4,5	m
LAL-94	DA-102	Transmisor de bajo nivel	3,5	m
LALL-95	DA-102	Transmisor de muy bajo nivel	3	m

**A.1.2. Tabelas para a unidade de preparação de peróxidos**

TAG	SERVICIO EQUIPO	TIPO	RANGO	UNIDADES.
LT-96	DA-200	Transmisor de Nivel	1,5	m
LIC-97	DA-200	Controlador indicador de Nivel	1,5	m
LV-98	DA-200	Válvula de Nivel	1,5	m
LAH-99	DA-200	Alarma de alto nivel	1,8	m
LAL-100	DA-200	Alarma de bajo nivel	0,5	m
LT-101	DA-200	Transmisor de Nivel	1,5	m
LI-102	DA-200	Indicador de Nivel	1,5	m
LAH-104	DA-200	Alarma de alto nivel	1,8	m
LAL-103	DA-200	Alarma de bajo nivel	0,5	m
TE-105	DA-200	Elemento de Temperatura	1	°C
TI-106	DA-200	Indicador de Temperatura	1	°C
TE-107	DA-200	Elemento de Temperatura	1	°C
TIC-108	DA-200	Controlador Indicador de Temperatura	1	°C
TV-109	DA-200	Válvula de temperatura	1	°C
TAH-110	DA-200	Alarma de Alta Temperatura	1,2	°C
TAL-111	DA-200	Alarma de baja Temperatura	0,8	°C
TAH-112	DA-200	Alarma de Alta Temperatura	1,2	°C
TAL-113	DA-200	Alarma de baja Temperatura	0,8	°C
PT-114	DA-200	Transmisor de Presión	1,2	bar
PIC-115	DA-200	Controlador indicador de Presión	1,2	bar
PV-116	DA-200	Válvula de Presión	1,2	bar
PAH-117	DA-200	Alarma de alta presión	1,4	bar
PAL-118	DA-200	Alarma de baja Presión	0,9	bar
LT-119	DA-201	Transmisor de Nivel	1,5	m
LIC-120	DA-201	Controlador indicador de Nivel	1,5	m
LV-121	DA-201	Válvula de Nivel	1,5	m
LAH-122	DA-201	Alarma de alto nivel	1,8	m
LAL-123	DA-201	Alarma de bajo nivel	0,5	m
LT-124	DA-201	Transmisor de Nivel	1,5	m
LI-125	DA-201	Indicador de Nivel	1,5	m
LAH-126	DA-201	Alarma de alto nivel	1,8	m
LAL-127	DA-201	Alarma de bajo nivel	0,5	m
TE-128	DA-201	Elemento de Temperatura	1	°C
TI-200	DA-201	Indicador de Temperatura	1	°C
TAH-201	DA-201	Alarma de alta Temperatura	1,2	°C
TAL-202	DA-201	Alarma de baja Temperatura	0,8	°C
TE-129	DA-201	Elemento de Temperatura	1	°C
TIC-130	DA-201	Controlador Indicador de Temperatura	1	°C
TV-131	DA-201	Válvula de temperatura	1	°C
TAH-132	DA-201	Alarma de Alta Temperatura	1,2	°C
TAL-133	DA-201	Alarma de baja Temperatura	0,8	°C
PT-134	DA-201	Transmisor de Presión	1,2	bar
PIC-135	DA-201	Controlador indicador de Presión	1,2	bar
PV-136	DA-201	Válvula de Presión	1,2	bar
PAH-137	DA-201	Alarma de alta presión	1,4	bar
PAL-138	DA-201	Alarma de baja Presión	0,9	bar
LT-139	DA-202	Transmisor de Nivel	0,5	m
LIC-140	DA-202	Controlador indicador de Nivel	0,5	m
LAH-141	DA-202	Alarma de alto nivel	0,6	m
LAL-142	DA-202	Alarma de bajo nivel	0,3	m
LT-143	DA-202	Transmisor de Nivel	0,5	m
LI-144	DA-202	Indicador de Nivel	0,5	m
LAH-145	DA-202	Alarma de alto nivel	0,6	m
LAL-146	DA-202	Alarma de bajo nivel	0,3	m
TE-147	DA-202	Elemento de Temperatura	1	°C

## Aumento da Capacidade de Produção de PEBD

TAG	SERVICIO EQUIPO	TIPO	RANGO	UNIDADES.
TI-148	DA-203	Indicador de Temperatura	1	°C
TE-149	DA-202	Elemento de Temperatura	1	°C
TIC-150	DA-202	Controlador Indicador de Temperatura	1	°C
TV-151	DA-202	Válvula de temperatura	1	°C
TAH-152	DA-202	Alarma de Alta Temperatura	1,2	°C
TAL-153	DA-202	Alarma de baja Temperatura	0,8	°C
TAH-154	DA-202	Alarma de Alta Temperatura	1,2	°C
TAL-155	DA-202	Alarma de baja Temperatura	0,8	°C
PT-156	DA-202	Transmisor de Presión	1,2	bar
PIC-157	DA-202	Controlador indicador de Presión	1,2	bar
PV-158	DA-202	Válvula de Presión	1,2	bar
PAH-159	DA-202	Alarma de alta presión	1,4	bar
PAL-160	DA-202	Alarma de baja Presión	0,9	bar
LT-161	DA-202	Transmisor de Nivel	0,5	m
LIC-162	DA-202	Controlador indicador de Nivel	0,5	m
LAH-163	DA-202	Alarma de alto nivel	0,6	m
LAL-164	DA-202	Alarma de bajo nivel	0,3	m
LT-165	DA-202	Transmisor de Nivel	0,5	m
LI-166	DA-202	Indicador de Nivel	0,5	m
LAH-167	DA-202	Alarma de alto nivel	0,6	m
LAL-168	DA-202	Alarma de bajo nivel	0,3	m
TE-169	DA-202	Elemento de Temperatura	1	°C
TI-170	DA-202	Indicador de Temperatura	1	°C
TAH-171	DA-202	Alarma de Alta Temperatura	1,2	°C
TAL-172	DA-202	Alarma de baja Temperatura	0,8	°C
TE-173	DA-202	Elemento de Temperatura	1	°C
TIC-174	DA-202	Controlador Indicador de Temperatura	1	°C
TV-175	DA-202	Válvula de temperatura	1	°C
TAH-176	DA-202	Alarma de Alta Temperatura	1,2	°C
TAL-177	DA-202	Alarma de baja Temperatura	0,8	°C
PT-178	DA-202	Transmisor de Presión	1,2	bar
PIC-179	DA-202	Controlador indicador de Presión	1,2	bar
PV-180	DA-202	Válvula de Presión	1,2	bar
PAH-181	DA-202	Alarma de alta presión	1,4	bar
PAL-182	DA-202	Alarma de baja Presión	0,9	bar
TE-183	DA-205	Elemento de Temperatura	-10	°C
TI-184	DA-205	Indicador de Temperatura	-10	°C
TAL-185	DA-205	Alarma de baja Temperatura	-13	°C
TAH-186	DA-205	Alarma de Alta Temperatura	-7	°C
TE-187	DA-205	Elemento de Temperatura	-10	°C
TIC-188	DA-205	Controlador Indicador de Temperatura	-10	°C
TV-189	DA-205	Valvula de Temperatura	-10	°C
TAL-190	DA-205	Alarma de baja Temperatura	-13	°C
TAH-191	DA-205	Alarma de Alta Temperatura	-7	°C
TE-192	RC-01	Elemento de Temperatura	160	°C
TIC-193	RC-01	Controlador Indicador de Temperatura	160	°C
TAH-194	RC-01	Alarma de Alta Temperatura	170	°C
TAL-195	RC-01	Alarma de baja Temperatura	150	°C
TE-196	RC-01	Elemento de Temperatura	160	°C
TIC-197	RC-01	Controlador Indicador de Temperatura	160	°C
TAH-198	RC-01	Alarma de Alta Temperatura	170	°C
TAL-195	RC-01	Alarma de baja Temperatura	150	°C

## A.2. Tabelas de especificação de tubos

### A.2.1. Tabela para a unidade de tratamento de dissolvente

Líneas	Diámetro Nominal (in)	Servicio	Temperatura (°C)	Presión (Kg/cm2)	NºSchredule	Material
43	1 1/4	PED	150	288	XXS	Acero al Carbono
44	3/4	CW	30	5	80	Acero al Carbono
45	3/4	CW	36	5	80	Acero al Carbono
46	1 1/4	PED	110	288	XXS	Acero al Carbono
47	3/4	PE	10	25	80	Acero al Carbono
48	3/4	PE	10	25	80	Acero al Carbono
49	3/4	PE	10	25	80	Acero al Carbono
50	3/4	PD	10	25	80	Acero al Carbono
51	5	LV	138	2,5	40	Acero al Carbono
52	5	LV	130	2,5	40	Acero al Carbono
53	3/4	PD	60	25	80	Acero al Carbono
54	3/4	PE	10	1,8	80	Acero al Carbono
55	3/4	PD	10	1,8	80	Acero al Carbono
56	3/4	PE	10	1,3	80	Acero al Carbono
57	3/4	PD	10	1,3	80	Acero al Carbono
58	3/4	PD	10	1,3	80	Acero al Carbono
59	3	PD	10	1,3	80	Acero al Carbono
60	3	PD	10	1,3	80	Acero al Carbono

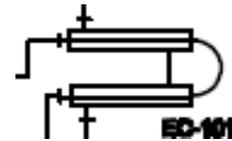
**A.2.2. Tabela para a unidade de preparação de peróxidos**

Líneas	Servicio	Diametro Nominal (in)	Temperatura °C	Presión Kg/cm2	Nº Schredule	Material
1	PO	3/4	1	3	80	Acero inoxidable
2	PO	3/4	1	3	80	Acero inoxidable
3	PO	1/2	1	1,2	40	Acero inoxidable
4	PD	3	30	1	40	Acero Carbono
5	PD	3	30	1	40	Acero Carbono
6	PD	3	30	10	40	Acero Carbono
7	PD	1/2	40	1,2	80	Acero Carbono
8	PD	1/2	5	10	80	Acero Carbono
9	PO	1/2	5	10	40	Acero Inoxidable
10	PO	1/2	5	10	40	Acero Inoxidable
11	PO	1/2	5	1,2	40	Acero Inoxidable
12	PO	1/2	5	10	40	Acero Inoxidable
13	PO	4/7	160	2500	80	Acero Inoxidable
14	PO	3/4	1	3	80	Acero Inoxidable
15	PO	3/4	1	3	80	Acero Inoxidable
16	PO	1/2	1	1,2	40	Acero Inoxidable
17	PD	1/2	5	10	80	Acero Carbono
18	PO	1/2	5	10	40	Acero Inoxidable
19	PO	1/2	5	10	40	Acero Inoxidable
20	PO	1/2	5	1,2	40	Acero Inoxidable
21	PO	1/2	5	10	40	Acero Inoxidable
22	PO	3/4	160	2500	80	Acero Inoxidable
23	WG	1/2	-3	20	80	Acero carbono
24	WG	1/2	-8	1,2	80	Acero carbono
25	WG	1/2	-8	20	80	Acero carbono
26	WG	1/2	-8	20	80	Acero carbono
27	WG	1/2	-3	20	80	Acero carbono
28	WG	1/2	-8	20	80	Acero carbono
29	WG	1/2	-10	20	80	Acero carbono
30	WG	1/2	-8	20	80	Acero carbono
31	WG	1/2	-3	20	80	Acero carbono
32	WG	1/2	-8	20	80	Acero carbono
33	WG	1/2	-3	20	80	Acero carbono
34	WG	1/2	-8	20	80	Acero carbono
35	WG	1/2	-3	20	80	Acero carbono
36	PO	3/4	160	2500	80	Acero carbono
37	PO	3/4	160	2500	80	Acero carbono
38	N2	1/2	1	1,2	80	Acero carbono
39	N2	1/2	1	1,2	80	Acero carbono
40	N2	1	1	1,2	80	Acero carbono
41	N2	1	1	1,2	80	Acero carbono
42	N2	1	30	1,2	60	Acero carbono

### A.3. Folhas de especificações de tanques, permutadores, bombas, MRU, misturadores

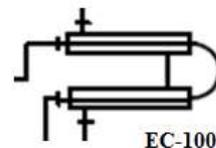
#### A.3.1. EC-101

Total superficie / unidades: 0,912 (m2)					
RENDIMIENTO DE LA UNIDAD					
		TUBO EXTERIOR		TUBO INTERIOR	
		Entrada	Salida	Entrada	Salida
Nombre del Fluido		Vapor de agua		etileno	
Caudal del Fluido Total	kg/h				
Vapor	kg/h	178			
Liquido	kg/h			25,8	
Agua	kg/h				
Temperatura	°C	138	130	10	60
Densidad (L/V)	kg/m <sup>3</sup>	1,0648		1,429	
Viscosidad (L/V)	Kg/m.s	0,000138		0,000911	
Peso vapor molecular					
Calor especifico (L/V)	J / Kg.°C	2007		2220	
conductividad termica (L/V)	W / m°C	0,5826		0,0223	
Calor Latente	kcal/kg				
Presion entrada	kg/cm <sup>2</sup> (g)	2,5		1,5	
Velocidad	m/s	36		3	
Perdida de carga	kg/cm <sup>2</sup>	0,1006		0,1006	
<b>Intercambio de calor</b>	(KJ / h)			2863	
Ratio de calor transferida (W / m2.°C)		Sucio:		Limpio: 32	
MATERIALES			SKETCH		
(mm.)	Dia.		Spec. Mat.		
Tubo ext.: grosor	3,9		acero carbon.		
Diametro externo:	60,3		acero carbon.		
Tubo int.:					
Nº	4				
OD	33,4	mm			
BWG:	14 "				
Longitud	8,7	m.			



#### A.3.2. EC-100

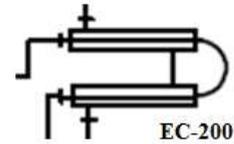
Total superficie / unidades: 1,618 (m2)					
RENDIMIENTO DE LA UNIDAD					
		TUBO EXTERIOR		TUBO INTERIOR	
		Entrada	Salida	Entrada	Salida
Nombre del Fluido		agua		etileno	
Caudal del Fluido Total	kg/h				
Vapor	kg/h				
Liquido	kg/h			800	
Agua	kg/h	2516			
Temperatura	°C	30	36	150	110
Densidad (L/V)	kg/m <sup>3</sup>	1033		241	
Viscosidad (L/V)	Kg/m.s	0,000871		0,000136	
Peso vapor molecular					
Calor especifico (L/V)	J / Kg.°C	4180		1834	
conductividad termica (L/V)	W / m°C	0,5826		0,0223	
Calor Latente	kcal/kg				
Presion entrada	kg/cm <sup>2</sup> (g)	5		288	
Velocidad	m/s	3		3	
Perdida de carga	kg/cm <sup>2</sup>	0,00397		0,00397	
<b>Intercambio de calor</b>	(KJ / h)			63097	
Ratio de calor transferida (W / m2.°C)		Sucio:		Limpio: 404	
MATERIALES			SKETCH		
(mm.)	Dia.		Spec. Mat.		
Tubo ext.: grosor	5,4		acero carbon.		
Diametro externo:	88,9		acero carbon.		
Tubo int.:					
Nº	4				
OD	48,6	mm			
BWG:	14"				
Longitud	10,74	m.			



# Aumento da Capacidade de Produção de PEBD

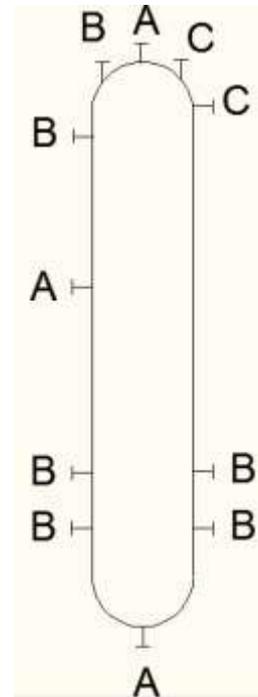
## A.3.3. EC-200

Total superficie / unidades: 2,35 (m2)					
RENDIMIENTO DE LA UNIDAD					
		Tubo exterior		Tubo interior	
		Entrada	Salida	Entrada	Salida
Nombre del Fluido		agua glicol 30%		decano	
Caudal total fluid	kg/h				
Vapor	kg/h				
Liquido	kg/h	109		20	
Agua	kg/h				
Temperatura	°C	-8	-3	50	5
Densidad (L/V)	kg/m <sup>3</sup>	979		1,426	
Viscosidad (L/V)	Kg/m.s	0,000138		0,001107	
Calor especifica (L/V)	J / Kg.°C	3681		2220	
Conductividad termica (L/V)	W / m°C	0,47		0,147	
Calor latente	kcal/kg				
Presión de entrada	kg/cm <sup>2</sup> (g)	19		4	
Velocidad	m/s	3		3	
Perdida de carga	kg/cm <sup>2</sup>	0,0548		0,0548	
Intercambio de calor	(KJ / h)			2000	
Ratio de calor transferido (W / m2.°C)		sucio:		Limpio: 32	
MATERIALS			SKETCH		
	(mm)	Dia.			
Tubo exterior: grosor	3,91				
Diametro externo	60,3		acero carbon.		
			acero carbon.		
Tubo interior:					
Nº	4				
OD	33,4	mm			
BWG:	12"				
Length	20,64	m.			



## A.3.4. DA-100

GENERAL	Servicio:	separador			
	Tipo de techo:	hemisferica			
	Capacidad	1,48 m3			
OPER. COND.	Presión de operación	25	kg/cm2	g	
	Temperatura de operación	10	°C		
	Densidad líquido	730	kg/m <sup>3</sup>		
	Caudal de entrada	800	Kg/h		
	Caudal de salida	800	Kg/h		
DATOS DISEÑO	Presión de diseño (eff.)	27,5	kg/cm2	g	
	Temperatura de Diseño	30	°C		
	Radiografía:	0,85	%		
MATERIALES		Grosor (mm.)	Clase Material		
	Techo: T				
	cilindro: C				
	8				
	7				
	6				
	5				
4					
3	T	17	SA 240		
2	C	17	SA 240		
1	T	17	SA 240		
BOQUILLAS	Servicio:	Mark	No.	Dia.	Rating
	entrada-salidas	A	3		
	controladores	B	6		
	PSV	C	2		
		D			

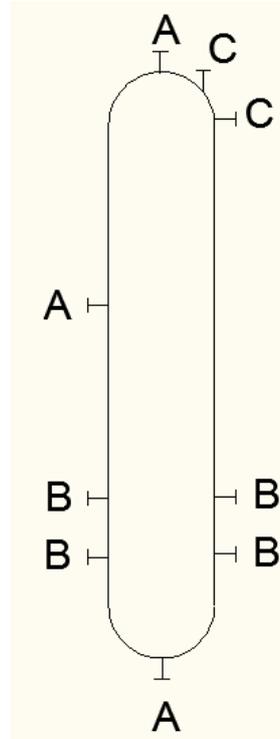


NOTES: Diseñado código ASME

## Aumento da Capacidade de Produção de PEBD

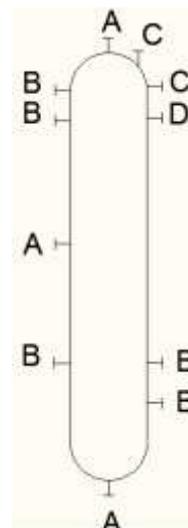
### A.3.5. DA-101

GENERAL	Servicio: separador				
	Tipo de techo: hemisferica				
Capacidad		1,48 m3			
OPER. COND.	Presión de operación	0,8	kg/cm2 g		
	Temperatura de operación	10	°C		
	Densidad líquido	730	kg/m <sup>3</sup>		
	Caudal de entrada	25,79	Kg/h		
Caudal de salida		25,79	Kg/h		
DATOS DE DISEÑO	Presion de diseño	1,8	kg/cm2 g		
	Temperatura de diseño:	30	°C		
	Radiografía:	0,85	%		
MATERIALES			Grosor. (mm.)	Clase de material	
	Techo: T				
	Cilindro: C				
	8				
	7				
	6				
	5				
4					
3	T	4 SA 240			
2	C	4 SA 240			
1	T	4 SA 240			
BOQUILLAS	Service	Mark	No.	Dia.	Rating
	entrada-salida	A	3		
	controladores	B	4		
	PSV	C	2		
NOTES: Diseñado código ASME					



### A.3.6. DA-102

GENERAL	Servicio: almacenaje residuos				
	Tipo de techo: hemisferica				
Capacidad		11,2 m3			
OPER. COND.	Presión de operación	0,3	kg/cm2 g		
	Temperatura de operación	10	°C		
	Densidad líquido	730	kg/m <sup>3</sup>		
	Entrada Caudal	24,5	Kg/h		
Salida caudal		24,5	Kg/h		
DATOS DISEÑO	Presión de Diseño	1,3	kg/cm2 g		
	Temperatura de Diseño	30	°C		
	Radiografía:	0,85	%		
MATERIALES			Grosor. (mm.)	Clase Material	
	Techo: T				
	Cilindro: C				
	8				
	7				
	6				
	5				
4					
3		4 SA 240			
2		4 SA 240			
1		4 SA 240			
BOQUILLAS	Service	Mark	No.	Dia.	Rating
	entrada-salida	A	3		
	controladores	B	5		
	PSV	C	2		
	PCV-N <sub>2</sub>	D	1		
NOTES: Diseñado código ASME					



**A.3.7. MRUs**

Modelo:	SA2-2-PT	<p>The image shows four technical views of a Whaley Chiller unit. The 'Aerial View' at the top shows a square unit with a fan, measuring 32 inches by 32 inches. Below it are three side views: 'Left Side View', 'Front View', and 'Right Side View'. The 'Front View' shows the unit's profile with 'WHALEY CHILLERS' branding. The 'Right Side View' shows a control panel with 'WPI' branding. The overall height of the unit is indicated as 46 inches, and the width of each side view is 32 inches.</p>
Tonos Nominales:	2 Ton	
Potencia:	7 KW	
BTU/hr:	24000	
Configuración bomba:	Sola	
Voltage:	208-230/1	
Unidad FLA:	19.5	
Bomba suministradora HP:	0,5 HP	
Flujo:	1,1 m3/h	
Tamaño tanque poliaislante:	57 L	
Longitud:	0,81 m	
Ancho:	0,81 m	
Altura:	1,52 m	
Numero de compresores:	1	
Gas refrigerante del compresor:	R-410A	
Conexiones entrada/salida:	0,019	

**A.3.8. Misturadores estáticos**

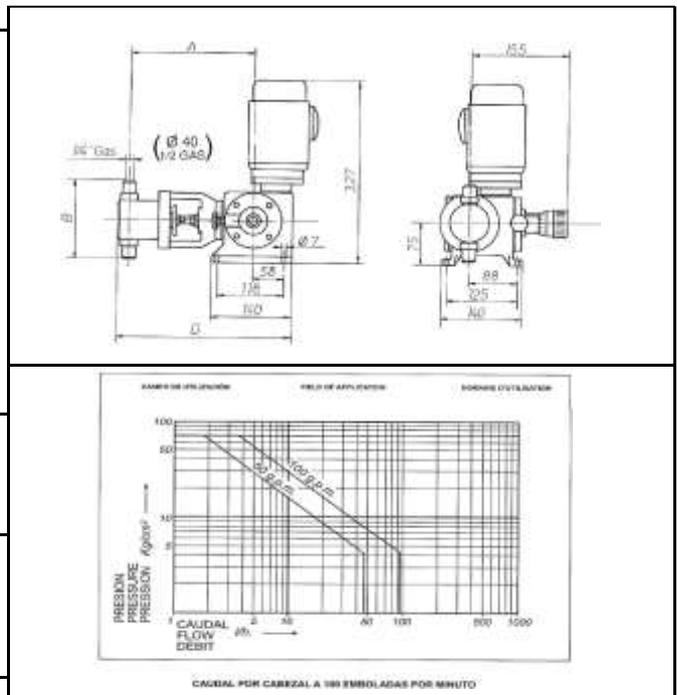
Modelo:	Knics KMX Mixer	<p>A close-up photograph of a Knics KMX Mixer, which is a static mixer. It features a circular base with several vertical, curved mixing vanes that create a complex flow path for mixing fluids.</p>
Rango Diametro:	1"	
Material:	Acero Inoxidable 304	
Geometria:	tubo circular	

## A.3.9. Bombas de alta pressão

ESPECIFICACIONES DE OPERACIÓN		
TIPO DE BOMBA	por fases	
MANIPULACIÓN DE MATERIALES	solución de peróxido hydrocarburo	
GRAVEDAD ESPECIFICA	0.6 - 1.0 (Kg/L a 25°C)	
CAPACIDAD	mas de 100 L/h (26.4 GPM)	
Ratio de cobertura	100 a 1	
VISCOSIDAD	0.8 - 1.2 (cp a 25°C)	
PRESIÓN DE DISEÑO	4136 bar	
PRESIÓN DE OPERACIÓN	4000 bar	
PRESIÓN DE SUCCIÓN	2.4 bar mínima	
CONDICIONES DE TRABAJO		
CAUDAL	30 Kg/h	
PRESIÓN	2500 bar	
TEMPERATURA	160 °C	
MOTOR ELÉCTRICO		
Accionamiento hidráulico	30 – 37 KW (40-50 HP) 1500/1800 RPM C-cara horizontal pie montado Cerrado con ventilación a prueba de explosión Tensión y de fase a las necesidades del cliente Valoración de prueba de explosiones de las necesidades del cliente Acoplamiento directo	
UNIDAD DE LUBRICADO		
	0,25 KW (1/3 HP) 1500/1800 RPM NEMA 56 Frame Totalmente cerrados, a prueba de explosiones Tensión y fase a las necesidades del cliente Valoración de prueba de explosiones de las necesidades del cliente Acoplamiento directo	
UNIDAD DE POTENCIA HIDRAULICA DE TUBERIAS		CARACTERISTICAS ESTANDARES
Línea hidráulica	Mangueras hidráulicas / Tubos de acero inoxidable	Bomba de alta presión con tres piezas patentado de émbolo de alta presión del sello
Guarnición	Acero	Sistema de control de movimiento digital de alto rendimiento
Enfriamiento de tuberías	Acero inoxidable	Valvulas de muelle de doble bola
BOQUILLAS		Chaquetas de enfriamiento del cilindro
Proceso de entrada	Tubo 1/2"	Conexión piston flotante
Proceso de salida	HP conexión de 9/16"	Piston hidráulico con compensador axial
Enfriamiento agua de entrada	1/2" NPT	Depósito de aceite hidráulico Epoxy en polvo 170 L
Enfriamiento agua de salida	1/2" NPT	Caja eléctrica antideflagrante

## A.3.10. Bombas dosificadoras

ESPECIFICACIONES DE OPERACIÓN	
Modelo	DO-45
Caudal	(1,4 a 93) L/h
Presión máxima	(4,6 a 50) Kg/Cm <sup>2</sup>
Carrera	(0 a 12) mm
Diámetro piston	(5 a 40) mm
carga máx. pié biela	60 Kp
Frecuencia de emboladas	(50 a 100) min-1
CONDICIONES DE TRABAJO	
Caudal GA-201, GA-202	10 Kg/h
Caudal GA-203, GA-204	20 Kg/h
Caudal GA-205, GA-206	30 Kg/h
Presión GA-201, GA-202	1,2 bar
Temperatura GA-201, GA-202	1 °C
Presión GA-203, GA-204, GA-205 y GA-206	10 bar
Temperatura GA-203, GA-204, GA-205 y GA-206	5 °C
Caudal por cabezal a 100 emboladas/minuto	
Diámetro piston	32 mm
Presión máxima	7,5 Kg/cm <sup>2</sup>
Caudal	(0 a 60) L/h
Conexión	1/4" gas
DESCRIPCION	
Cabezales dosificadores	émbolo buzo
Graduables en marcha y paro	Si
Material	AISI 316
Motor	empaquetadura Kevlar
Viscosidad aceite lubricante	1/4 C.V. 10°E a 50 °C

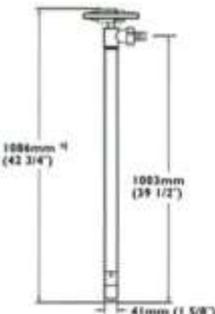


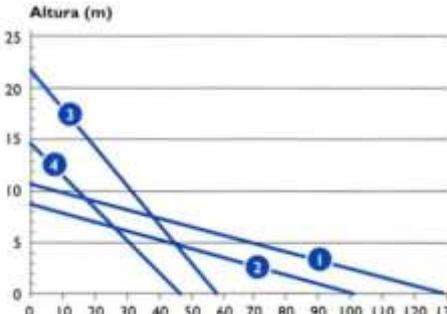
# Aumento da Capacidade de Produção de PEBD

## A.3.11. Bombas de cano

<b>MOTOR</b>		
Modelo	SP-400-2	
Protección	EXP	
Tensión (W)	230/1/50-60	
Variador de frecuencia	No	
<b>CAÑA</b>		
Modelo	SP-SS_39	
Caña	INOX	
Longitud	1000 mm (39")	
Eje	INOX	
Turbina	Standard	
Diseño	Sin cierre/centrífuga	
Máxima temperatura	80°C	
Viscosidad	1500 Cps/mPas	
Materiales en contacto fluido	INOX / Grafito / Teflón	
Toma de carga	1"	
Máximo peso específico	1.8	
Altura máxima (m)	10	
Caudal máximo (L/min)	125	
<b>CONDICIONES DE TRABAJO</b>		Bombas diseñadas para trasvase de líquidos inflamables o combustibles
Caudal (L/min)	30	
Temperatura (°C)	1 °C	



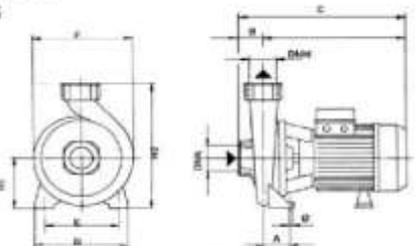


**Altura (m)**

**Caudal (L/min)**  
Caudales para agua a 20 °C

- 1 280, ENC, 400, modelo standard
- 2 A2, modelo standard
- 3 280, ENC, 400, modelo alta presión
- 4 A2, modelo alta presión

## A.3.12. Bombas de carga

<b>CARACTERISTICAS</b>		<b>DIMENSIONES</b> Serie RG																																																																																																																																													
Función: Carga y descarga a Tanques.																																																																																																																																															
Eje de acero inoxidable																																																																																																																																															
Cierre mecánico en cerámica / grafito																																																																																																																																															
Motor cerrado, protección IP-44, ventilación exterior, servicio continuo																																																																																																																																															
aislamiento clase F, los monofasicos incorporan condensador y monoprotecto amperimétrico																																																																																																																																															
Tensión de alimentación: 1 X 230 v., 3 X 230/400 v.																																																																																																																																															
2500 r.p.m. 50 Hz																																																																																																																																															
Máxima altura aspiración: 6 m.																																																																																																																																															
Máxima temperatura del líquido: 50 °C																																																																																																																																															
Modelo: RGT-30																																																																																																																																															
Diámetro aspiración e impulsión: 3"		<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">TIPO TYPE</th> <th colspan="8">Dimensiones en milímetros</th> <th rowspan="2">Peso (kg)</th> </tr> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> <th>E</th> <th>F</th> <th>H1</th> <th>H2</th> <th>DN4</th> <th>DN6</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RGM-TRGT-7</td> <td>127</td> <td>45</td> <td>315</td> <td>155</td> <td>118</td> <td>178</td> <td>97</td> <td>247</td> <td>2°G</td> <td>2°G</td> <td>14.2</td> </tr> <tr> <td>RGM-HRGT-10</td> <td>127</td> <td>45</td> <td>315</td> <td>155</td> <td>118</td> <td>178</td> <td>97</td> <td>247</td> <td>2°G</td> <td>2°G</td> <td>15.5</td> </tr> <tr> <td>RGM-TRGT-15</td> <td>150</td> <td>53</td> <td>370</td> <td>180</td> <td>140</td> <td>218</td> <td>115</td> <td>285</td> <td>2°G</td> <td>2°G</td> <td>23.3</td> </tr> <tr> <td>RGM-TRGT-20</td> <td>160</td> <td>80</td> <td>455</td> <td>200</td> <td>140</td> <td>235</td> <td>112</td> <td>292</td> <td>3°G</td> <td>3°G</td> <td>28.3</td> </tr> <tr> <td>RGT-30</td> <td>160</td> <td>80</td> <td>455</td> <td>200</td> <td>140</td> <td>225</td> <td>112</td> <td>292</td> <td>3°G</td> <td>3°G</td> <td>31.5</td> </tr> <tr> <td>RGT-41</td> <td>160</td> <td>57</td> <td>370</td> <td>200</td> <td>160</td> <td>215</td> <td>110</td> <td>350</td> <td>2°G</td> <td>2°G</td> <td>26</td> </tr> <tr> <td>RGT-41</td> <td>160</td> <td>80</td> <td>455</td> <td>200</td> <td>140</td> <td>225</td> <td>112</td> <td>292</td> <td>3°G</td> <td>3°G</td> <td>31.6</td> </tr> <tr> <td>RGT-46</td> <td>105</td> <td>70</td> <td>425</td> <td>240</td> <td>190</td> <td>240</td> <td>126</td> <td>306</td> <td>3°G</td> <td>2°G</td> <td>33.2</td> </tr> <tr> <td>RGT-46</td> <td>165</td> <td>85</td> <td>480</td> <td>220</td> <td>160</td> <td>250</td> <td>130</td> <td>330</td> <td>4°G</td> <td>4°G</td> <td>41.1</td> </tr> <tr> <td>RGT-41</td> <td>165</td> <td>70</td> <td>445</td> <td>240</td> <td>190</td> <td>240</td> <td>126</td> <td>306</td> <td>3°G</td> <td>2°G</td> <td>38.7</td> </tr> </tbody> </table>		TIPO TYPE	Dimensiones en milímetros								Peso (kg)	A	B	C	D	E	F	H1	H2	DN4	DN6	RGM-TRGT-7	127	45	315	155	118	178	97	247	2°G	2°G	14.2	RGM-HRGT-10	127	45	315	155	118	178	97	247	2°G	2°G	15.5	RGM-TRGT-15	150	53	370	180	140	218	115	285	2°G	2°G	23.3	RGM-TRGT-20	160	80	455	200	140	235	112	292	3°G	3°G	28.3	RGT-30	160	80	455	200	140	225	112	292	3°G	3°G	31.5	RGT-41	160	57	370	200	160	215	110	350	2°G	2°G	26	RGT-41	160	80	455	200	140	225	112	292	3°G	3°G	31.6	RGT-46	105	70	425	240	190	240	126	306	3°G	2°G	33.2	RGT-46	165	85	480	220	160	250	130	330	4°G	4°G	41.1	RGT-41	165	70	445	240	190	240	126	306	3°G	2°G	38.7
TIPO TYPE	Dimensiones en milímetros								Peso (kg)																																																																																																																																						
	A			B	C	D	E	F		H1	H2	DN4	DN6																																																																																																																																		
RGM-TRGT-7	127			45	315	155	118	178	97	247	2°G	2°G	14.2																																																																																																																																		
RGM-HRGT-10	127			45	315	155	118	178	97	247	2°G	2°G	15.5																																																																																																																																		
RGM-TRGT-15	150			53	370	180	140	218	115	285	2°G	2°G	23.3																																																																																																																																		
RGM-TRGT-20	160			80	455	200	140	235	112	292	3°G	3°G	28.3																																																																																																																																		
RGT-30	160			80	455	200	140	225	112	292	3°G	3°G	31.5																																																																																																																																		
RGT-41	160			57	370	200	160	215	110	350	2°G	2°G	26																																																																																																																																		
RGT-41	160			80	455	200	140	225	112	292	3°G	3°G	31.6																																																																																																																																		
RGT-46	105	70	425	240	190	240	126	306	3°G	2°G	33.2																																																																																																																																				
RGT-46	165	85	480	220	160	250	130	330	4°G	4°G	41.1																																																																																																																																				
RGT-41	165	70	445	240	190	240	126	306	3°G	2°G	38.7																																																																																																																																				
Altura manométrica: 12 m.																																																																																																																																															
Potencia: 3 CV																																																																																																																																															
Caudal 48 m3/h																																																																																																																																															
<b>CONDICIONES DE TRABAJO</b>																																																																																																																																															
Caudal: 10 m3/h																																																																																																																																															
Presión: 1,3 bar																																																																																																																																															
Temperatura: ambiente																																																																																																																																															

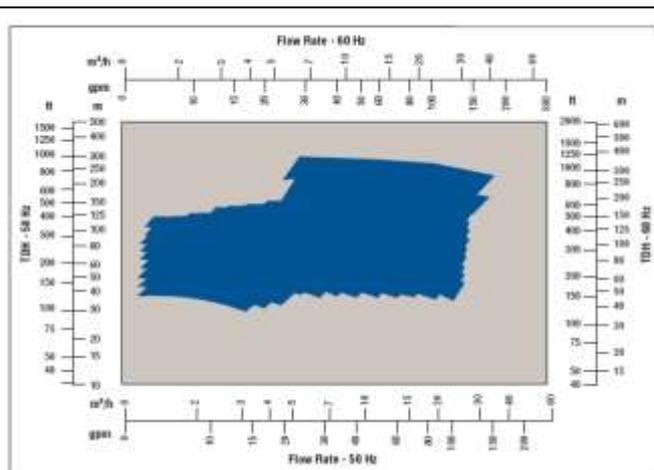
## A.3.13. Bomba de descarga, GA-214

Características												
Cuerpo y soporte en fundición gris.												
Turbina en latón.												
Eje en acero inoxidable.												
Cierre mecánico en cerámica/grafito.												
Motor cerrado, Protección IP-44, Ventilación exterior, servicio continuo, aislamiento clase F												
los monofasicos incorporan condensador y monoprotecto amperimétrico												
Tensión de alimentación: 1 x 230 v., 3 x 230/400 v												
Máxima altura aspiración: 6 mts.												
Máxima temperatura del líquido: 50°C.												
Precio: 109 Euros												
Modelo		CV	A			Caudal metros cúbicos/ Hora					Diametro	
II 230v	III 230/400v		II 230	III 230	III 400	0,3	0,6	1,2	1,8	2,4		3
						Altura manométrica metros					ASP.-IMP.	
AM-1	A-1	0,5	2,3	1,7	1	35	31	22	14	5		-



## A.3.14. Bombas centrífugas, GA-200 e GA-212

GENERAL	
Tipo:	de bajo flujo
Modelo:	HPXM
Constructor:	Flowserve
CONDICIONES DE OPERACIÓN	
Líquido bombeado:	Agua con Glicol
Temperatura de bombeo:	(-)8°C
Densidad:	1,4 Kg/cm3
Capacidad	
Normal:	12 m3/h
Maxima:	40 m3/h
Presión impulsión	20 Kg/cm2
Presión aspiración:	1,2 Kg/Cm2
DISEÑO	
Temperatura de diseño:	(-160) a 450 °C
Máxima presión de trabajo:	80 Kg/cm2
N.P.S.H. Req. (agua):	280 m.w.c
Potencia:	0,75 W
Caudal mínimo contenido:	1 m3/h
Clasificación codigo API:	610 y 682



#### A.4. Tabela de válvulas de segurança e discos de rutptura

Numeración	Zona de actuación	Deposito que actua	Presión de trabajo	Campo regulación muelles	Modelo	Tipo de Valv.	Material
PSV-200	Unidad de peróxidos	DA-200	1,2 bar	0,95 a 1,40 bar	486 - E5.	AIT	acero Inox AISI 301
PSV-201	Unidad de peróxidos	DA-200	1,2 bar	0,95 a 1,40 bar	486 - E5.	AIT	acero Inox AISI 302
PSV-202	Unidad de peróxidos	DA-201	1,2 bar	0,95 a 1,40 bar	486 - E5.	AIT	acero Inox AISI 303
PSV-203	Unidad de peróxidos	DA-201	1,2 bar	0,95 a 1,40 bar	486 - E5.	AIT	acero Inox AISI 304
PSV-204	Unidad de peróxidos	DA-202	1,2 bar	0,95 a 1,40 bar	486 - E5.	AIT	acero Inox AISI 305
PSV-205	Unidad de peróxidos	DA-202	1,2 bar	0,95 a 1,40 bar	486 - E5.	AIT	acero Inox AISI 306
PSV-206	Unidad de peróxidos	DA-203	1,2 bar	0,95 a 1,40 bar	486 - E5.	AIT	acero Inox AISI 307
PSV-207	Unidad de peróxidos	DA-203	1,2 bar	0,95 a 1,40 bar	486 - E5.	AIT	acero Inox AISI 308
PSV-100	Purga de disolvente	DA-100	25 bar	23,00 a 32,00 bar	486 - E5.	AIT	acero Inox AISI 309
PSV-101	Purga de disolvente	DA-100	25 bar	23,00 a 32,00 bar	486 - E5.	AIT	acero Inox AISI 310
PSV-102	Purga de disolvente	DA-101	1,8 bar	0,66 a 1,00 bar	486 - E5.	AIT	acero Inox AISI 311
PSV-103	Purga de disolvente	DA-101	1,8 bar	0,66 a 1,00 bar	486 - E5.	AIT	acero Inox AISI 312
PSV-104	Purga de disolvente	DA-102	1,3 bar	0,20 a 0,68 bar	486 - E5.	AIT	acero Inox AISI 313
PSV-105	Purga de disolvente	DA-102	1,3 bar	0,20 a 0,68 bar	486 - E5.	AIT	acero Inox AISI 314
				Presión de tara			
PRD-200	Unidad de peróxidos	DA-200	1,2 bar	1,8 bar			
PRD-201	Unidad de peróxidos	DA-201	1,2 bar	1,8 bar			
PRD-202	Unidad de peróxidos	DA-202	1,2 bar	1,8 bar			
PRD-203	Unidad de peróxidos	DA-203	1,2 bar	1,8 bar			

### Anexo B: Tabelas respectivas à segurança, energia e meio ambiente

#### B.1. Tabelas de análise detalhada de riscos (HAZOP)

B.1.1. Tabela de análise para a unidade de preparação de peróxidos

Nudo	Palabra guía	Desviación	Causas posibles	Consecuencias	Respuesta del sistema	Acciones a emprender
DA-200	Mas	Nivel	Los transmisores LT-101 y LT-96 marcan un nivel erróneo Obstrucción de tubería de fondo Fallo o mal funcionamiento de Válvula LV-98	Rebose de tanque	Transmisor de Nivel LT-101 y LT-96 Alarma de alto nivel IAH-104 y IAH-99	Comprobar transmisores de nivel LT-101 y LT-96 Duplicar el número de transmisores Instalar cubetos de recogida debajo de los depósitos Transmisores LT-101 y LT-96 accionan el cerramiento de la Válvula LV-98
	Menos	Nivel	Los transmisores LT-101 y LT-96 marcan un nivel erróneo Fallo o mal funcionamiento de Válvula LV-98	Parada de planta Cavitación de la bomba GA-201	Transmisor de Nivel LT-101 y LT-976 Alarma de bajo nivel IAL-103 y IAL-100	Comprobar transmisores de nivel LT-101 y LT-96 Duplicar el numero de transmisores Transmisores LT-101 y LT-96 accionan la abertura de la Válvula LV-98
	Mas	Temperatura	Marca un nivel erroneo el Transmisor TE-105 y TE-107 Fallo en la electricidad Fallo o avaría del MRU Entrada de iniciador no está regulada Mal aislamiento de los tanques Fallo o mal funcionamiento de la Válvula de control TV-109	Peligro de ignición Riesgo de descomposición	Transmisor de temperatura TE-105 y TE-107 Alarma de alta temperatura TAH-110 y TAH-112	Comprobar transmisores de temperatura TE-105 y TE-107 Duplicar el numero de transmisores Accionar sistema diluvio Parar motor del agitador Verificar aislamiento del tanque Transmisores TE-105 y TE-107 accionan el cerramiento de la Válvula TV-109
	Menos	Temperatura	Marca un nivel erroneo el Transmisor TE-105 y TE-107 Fallo o avaría del MRU Entrada de iniciador no está regulada Fallo o mal funcionamiento de la Válvula de control TC-109	Peligro de congelación agua con glicol Peligro de congelación peróxidos	Transmisor de temperatura TE-105 y TE-107 Alarma de baja temperatura TAL-111 y TAL-113	Comprobar transmisores de temperatura TE-105 y TE-107 Duplicar el número de transmisores Manipular valvula de control temperatura TV-109 Transmisores TE-105 y TE-107 accionan la abertura de la Válvula TV-109
	Mas	Presion	Fallo en la electricidad Fallo en la refrigeración del tanque El transmisor PT-114 marca una presión errónea Fallo o mal funcionamiento de la Válvula de control PV-116	Aumento de Temperatura con el aumento de presión	Transmisor de presión PT-114 Alarma de alta presión PAH-117 Válvulas PSV-200 y PSV-201 Discos de Rotura PRD-200	Duplicar el numero de transmisores Comprobar transmisor de presión PT-114 Transmisor PT-114 acciona la abertura de la Válvula PV-116
	Menos	Presion	El transmisor PT-114 marca una presión errónea Fallo en la refrigeración del tanque Fallo en la refrigeración de contenedores IBC	Deficit de presión en el tanque Riesgo en entrar aire y llevar a la explosión Disminución de temperatura del tanque	Transmisor de presión PT-114 Alarma de baja presión PAL-118 Entrada de nitrógeno	Duplicar el numero de transmisores Comprovar disco de rotura PRD-200 Comprobar transmisor de presión PT-114 Transmisor PT-114 acciona la abertura de la Válvula de nitrógeno

**B.1.2. Tabela de análise para a unidade de tratamento de dissolvente**

Nudo	Palabra guía	Desviación	Causas posibles	Consecuencias	Respuesta del Sistema	Acciones a emprender
DA-100	Mas	Nivel	Fallo o mal funcionamiento de la Válvula LV-21 Los transmisores LT-19 y LT-13 marcan un nivel erróneo Obstrucción de tubería de fondo	Llegada de liquido a la Primera etapa del Precompresor Riesgo de se estropear el Precompresor	Transmisores de Nivel LT-19 y LT-13 Alarmas de alto nivel LAH-17 y LAH-22 Alarmas de muy alto nivel LAHH-23 y LAHH-18	Comprobar transmisores de nivel LT-19 y LT-13 Duplicar el numero de transmisores Transmisores LT-19 y LT-13 accionan el cerramiento de la Válvula LV-21 Duplicar el numero de alarmas
	Menos	Nivel	Fallo o mal funcionamiento de la Válvula LV-21 Los transmisores LT-19 y LT-13 marcan un nivel erróneo	Llegada de gas al EC-102 y así entrada de gas en el separador DA-101	Transmisores de Nivel LT-19 y LT-13 Alarmas de bajo nivel LAL-15 y LAL-20 Alarmas de muy bajo nivel LALL-21 y LALL-16	Comprobar transmisores de nivel LT-19 y LT-13 Duplicar el numero de transmisores Transmisores LT-19 y LT-13 accionan la abertura de la Válvula LV-21 Duplicar el número de alarmas
	Mas	Temperatura	Los transmisores TE-0 y TE-3 marcan un nivel erróneo Entrada de menor caudal de agua en el EC-100, por algún fallo en la válvula TV-2 Fallo o mal funcionamiento del EC-100	Peligro de ignición	Transmisores de temperatura TE-0 y TE-3 Alarmas de alta temperatura TAH-11 y TAH-7 Alarmas de muy alta temperatura TAHH-12 yTAHH-8	Comprobar transmisores de temperatura TE-0 y TE-3 Duplicar el numero de transmisores Transmisores TE-0 y TE-3 accionan la abertura de la Válvula TV-2 Accionar el sistema diluio Duplicar el número de alarmas
	Menos	Temperatura	Los transmisores TE-0 y TE-3 marcan un nivel erróneo Entrada de mayor caudal de agua en EC-100, por algún fallo en la válvula TV-2 Fallo o mal funcionamiento del EC-100	Peligro de congelación	Transmisores de temperatura TE-0 y TE-3 Alarmas de baja temperatura TAL-9 y TAL-5 Alarmas de muy baja temperatura TALL-10 y TALL-6	Comprobar transmisores de temperatura TE-0 y TE-3 Duplicar el número de transmisores Transmisores TE-0 y TE-3 accionan el cerramiento de la Válvula TV-2 Duplicar el número de alarmas
	Mas	Caudal	El transmisor FE-40 marca un nivel erróneo Fallo o mal funcionamiento de la válvula FV-37	Aumento del nivel en el tanque	Transmisor de Caudal FE-40	Duplicar el numero de transmisores Comprobar transmisor de caudal FE-40 Transmisor FE-40 acciona el cerramiento de la Válvula FV-37
	Menos	Caudal	El transmisor FE-40 marca un nivel erróneo Fallo o mal funcionamiento de la válvula FV-37	Disminuye el nivel en el tanque	Transmisor de Caudal FE-40	Duplicar el numero de transmisores Comprobar transmisor de caudal FE-40 Transmisor FE-40 acciona la abertura de la Válvula FV-37
	Mas	Presion	Los transmisores PT-24 y PT-27 marcan una presión errónea Fallo o mal funcionamiento de la válvula PV-26	Llegada de mas presión a la primera etapa del Precompresor Llegada de mayor cantidad de decano a la primera etapa del Precompresor	Transmisor de Presión PT-24 Alarma de alta presión PAH-33 Alarma de muy alta presión PAHH-34	Duplicar el numero de transmisores Comprovar transmisor de Presión PT-24 Transmisor PT-24 acciona la abertura de la Válvula PV-26 Duplicar el número de alarmas
	Menos	presion	Los transmisores PT-24 y PT-27 marcan una presión errónea Fallo o mal funcionamiento de la válvula PV-26	Llegada de menos presión a la primera etapa del Pre-compresor Llegada de líquido al precompresor y así riesgo de se estropear	Transmisor de Presión PT-24 Alarma de baja presión PAL-35 Alarma de muy baja presión PALL-36	Duplicar el numero de transmisores Comprovar transmisor de Presión PT-24 Transmisor PT-24 acciona el cerramiento de la Válvula PV-26 Duplicar el número de alarmas

## B.2. Tabela de caudais de água do sistema de dilúvio

### B.2.1. Para a unidade de peróxidos

Equipo	Area Lateral (m2)	factor deluge system (L/min*m2)	Caudal de agua necesario (L/min)
DA-200	29,03	10,2	296,1
DA-201	29,03	10,2	296,1
DA-205	11	10,2	112,2
DA-204	56,55	10,2	576,8
DA-203	1,54	10,2	15,7
DA-202	1,54	10,2	15,7
GA-200	1,5	20,5	30,75
GA-201	0,5	20,5	10,25
GA-202	0,5	20,5	10,25
GA-203	0,5	20,5	10,25
GA-204	0,5	20,5	10,25
GA-207	2	20,5	41
GA-208	2	20,5	41

### B.2.2. Para a unidade de tratamento de dissolvente

Equipo	Area Lateral (m2)	factor deluge system (L/min*m2)	Caudal de agua necesario (L/min)
DA-100	5,5	10,2	56,1
DA-101	5,5	10,2	56,1
DA-102	26,06	10,2	265,812

### B.3. Tabelas de consumos energéticos anuais

#### B.3.1. Tabela de consumos para a fase de compressão de etileno

Equipos	Unidades (Tm/h, KW)	Servicio/utilidad	Consumo anual (Unidad/año)
EC-04	Tm/h	Agua de refrigeración de Torre	0
EC-11	Tm/h	Agua de refrigeración de Torre	0
EC-12	Tm/h	Agua de refrigeración de Torre	0
EC-13	Tm/h	Agua de refrigeración de Torre	314.139
EC-14	Tm/h	Agua de refrigeración de Torre	2.993.042
EC-15	Tm/h	Agua de refrigeración de Torre	14.729
EC-15B	Tm/h	Agua de ARU	32.485
EC-31A	Kg/h	Agua de refrigeración de Torre	469
EC-31B	Kg/h	Agua de refrigeración de Torre	476
EC-35	Kg/h	Agua de ARU	450
EC-01A	Tm/h	Condensado de baja	-28.748
EC-01B	Tm/h	Condensado de baja	-30.418
EC-01C	Tm/h	Agua refrigerada por Aero	-56.706
EC-01D	Tm/h	Agua refrigerada por Aero	-76.365
EC-02A	Tm/h	Agua refrigerada por Aero	-41.288
EC-02B	Tm/h	Agua de refrigeración de Torre	-51.666
EC-02C	Tm/h	Agua de refrigeración de Torre	-67.166
EC-03AB	Tm/h	Agua de ARU	-17.177
Precompresor1	KWh	Electricidad	1.707.264
Precompresor2	KWh	Electricidad	643.885
Precompresor3	KWh	Electricidad	-122.554
Booster1	KWh	Electricidad	221.478
Booster2	KWh	Electricidad	81.702
Hipercompresor1	KWh	Electricidad	-132.787
Hipercompresor2	KWh	Electricidad	0

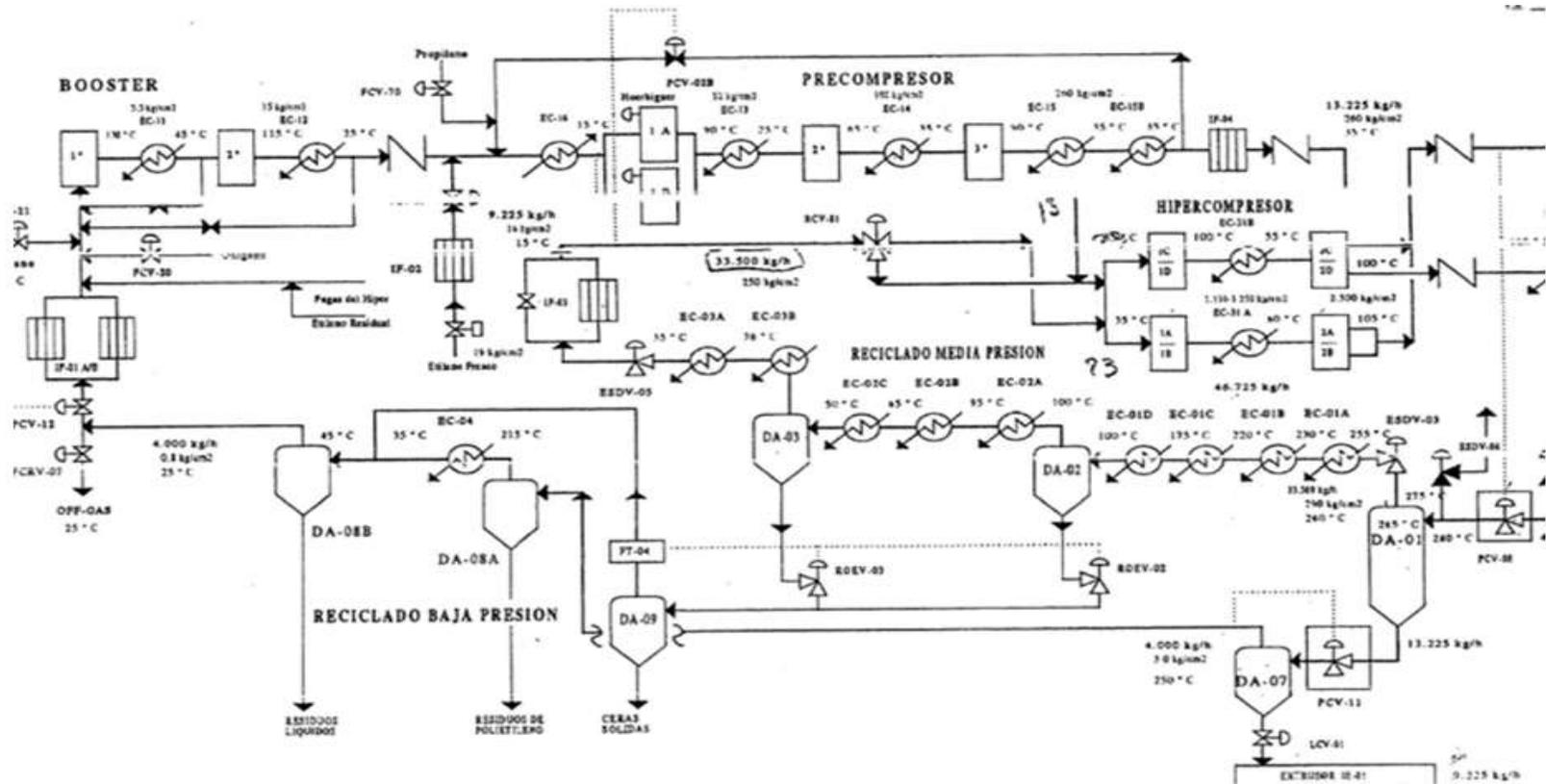
#### B.3.2. Tabela de consumos para a unidade de preparação de peróxidos

Equipos	Unidades	Servicio/utilidad	Consumo anual (Unidad/año)
MRU 1	K Wh	Electricidad	14.000
MRU 2	K Wh	Electricidad	0
GA -200 (1º glicol)	K Wh	Electricidad	1.500
GA -212 (2º glicol)	K Wh	Electricidad	0
GA-201 dosif.	K Wh	Electricidad	1.531
GA-202 dosif.	K Wh	Electricidad	1.531
GA-203 dosif.	K Wh	Electricidad	1.531
GA-204 dosif.	K Wh	Electricidad	1.531
GA-205 dosif.	K Wh	Electricidad	1.531
GA-206 dosif.	K Wh	Electricidad	1.531
GA-207 Alta presión	K Wh	Electricidad	280.800
GA-208 Alta Presión	K Wh	Electricidad	0
GA-209 Alta Presión	K Wh	Electricidad	280.800
GA-210 Alta Presión	K Wh	Electricidad	0
GA -213 (Carga camio)	K Wh	Electricidad	22
Agitador 1	K Wh	Electricidad	2.080
Agitador 2	K Wh	Electricidad	2.080

**B.3.3. Tabela de consumos para a unidade de tratamento de dissolvente.**

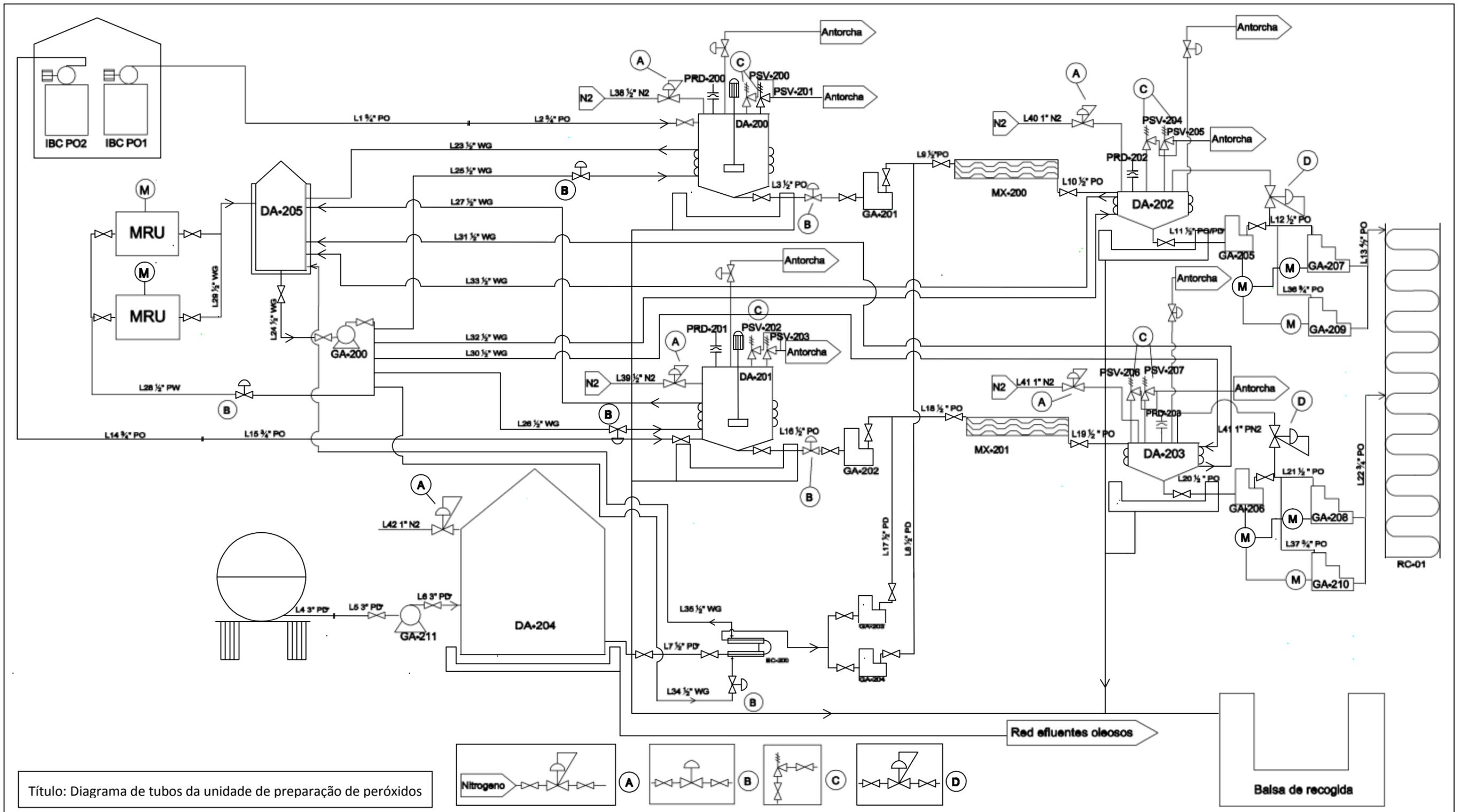
<b>Equipos</b>	<b>Unidades</b>	<b>Servicio/utilidad</b>	<b>Consumo anual (Unidad/ año)</b>
EC-100	Kg/h	Agua de refrigeración de Torre	20.933.120
EC-102	Kg/h	Condensado de baja	1.480.960
GA-214	KWh	Electricidad	13

**Anexo C: Diagrama com dados reais da fábrica actual**

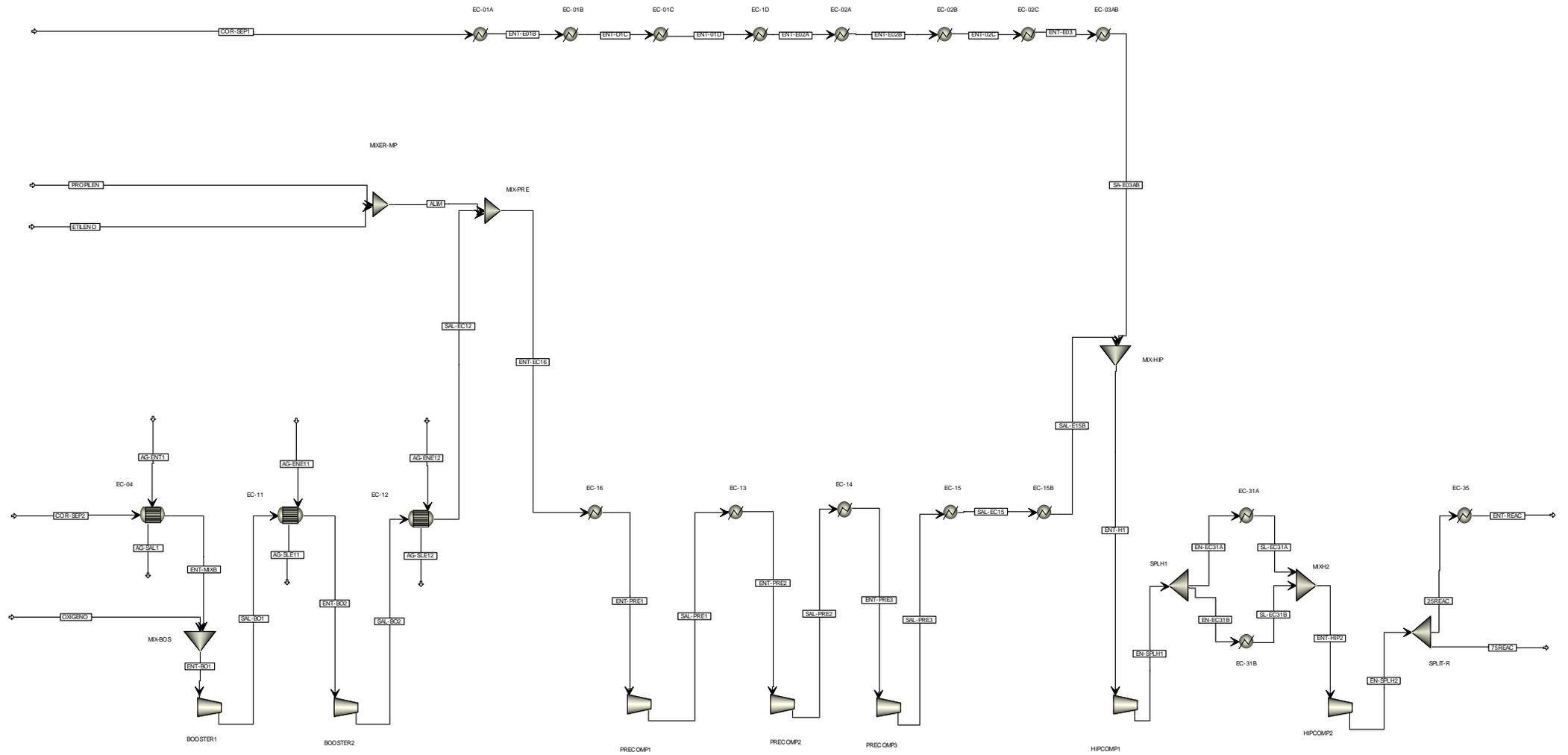


**Anexo D: Diagramas do projecto**

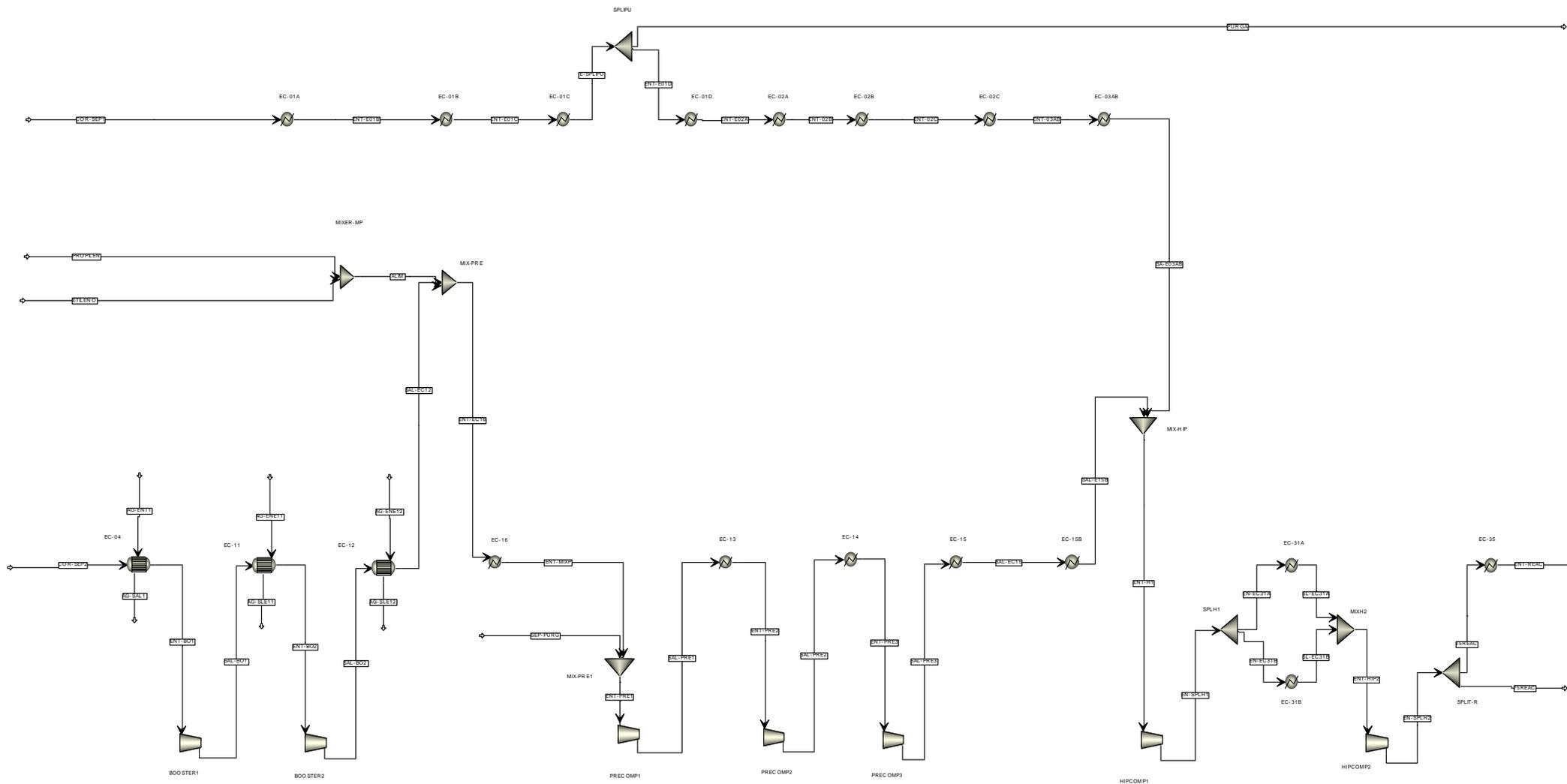
Os diagramas realizados ao longo do projecto encontram-se representados de seguida.



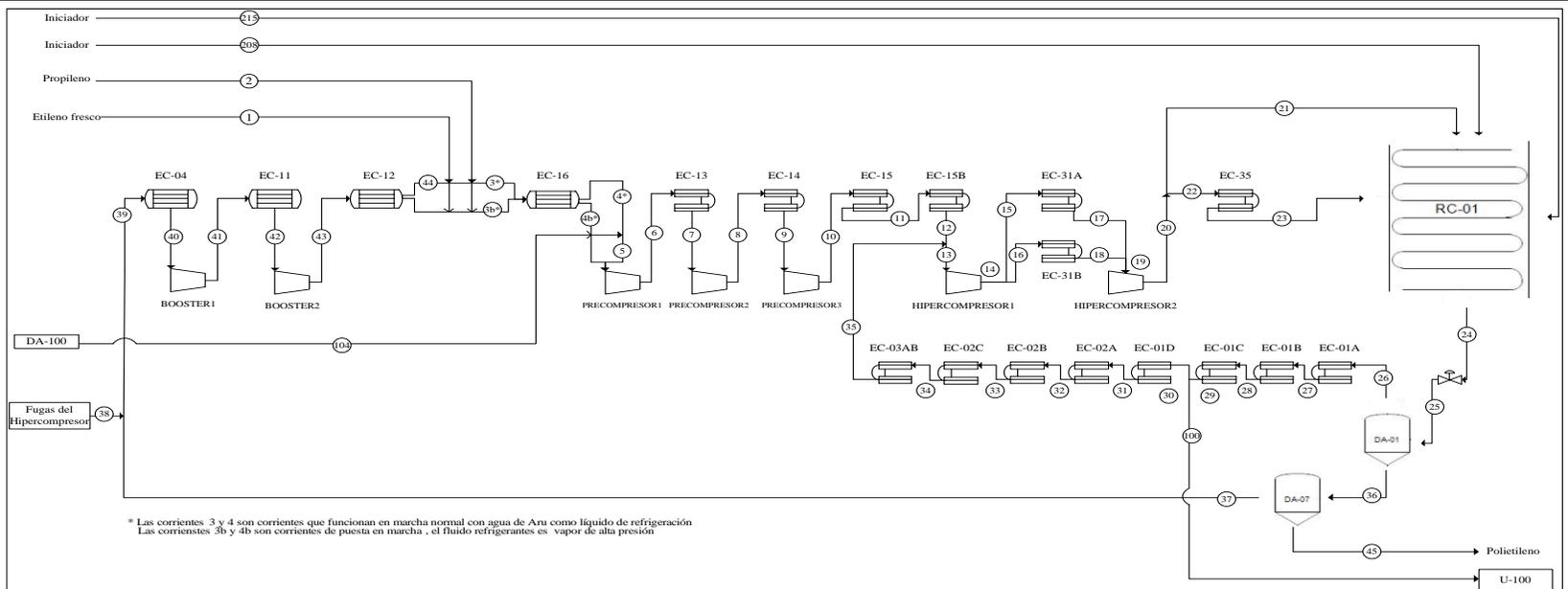
Título: Diagrama de tubos da unidade de preparação de peróxidos



Título: Diagrama de simulação para o processo com Oxigénio



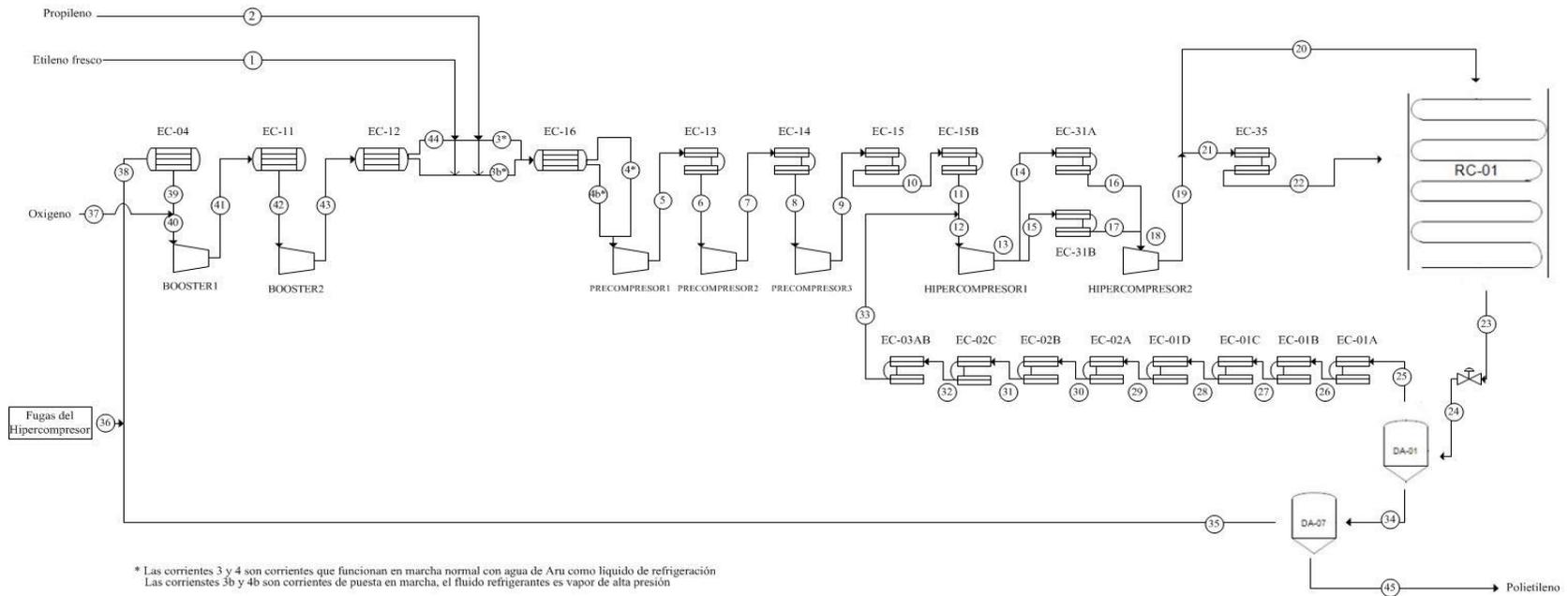
Título: Diagrama de simulação para o processo com peróxidos orgânicos



Corriente	1	2	3	4	3b	4b	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Caudal Etileno (Kg/h)	12069,9	0	12069,9	12069,9	12069,9	12069,9	12633	12633	12633	12633	12633	12633	12633	12633	37675,8	37675,8	18837,3	18837,3	18837,3	18837,3	37675,8	37675,8	28256	9419,8	9419,8	30877,6
Caudal Propileno (Kg/h)	0	23,73	23,73	23,73	23,73	23,73	23,73	23,73	23,73	23,73	23,73	23,73	23,73	23,73	23,73	23,73	11,91	11,91	11,91	11,91	23,73	23,73	17,86	5,87	5,87	0
Caudal de DTP (Kg/h)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Caudal de TBP (Kg/h)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Caudal de TBPIN (Kg/h)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Caudal PE (Kg/h)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11863
Caudal de Decano (Kg/h)	0	0	0	0	0	0	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5	1329,5	1329,5	664,75	664,75	664,75	664,75	1329,5	1329,5	997,1	332,4	332,4	1359,5
T (°C)	18	18	19,8	15	19,8	35	14,3	107,8	52,8	114,8	63,8	110,9	85,4	45	41	100	100	100	100	70	65	67,4	105	105	35	260
P (Kg/cm2)	19	19	15,8	15,8	15,8	15,8	15,8	53,8	53,13	115,2	114,9	250	249,4	249,2	250	1200	1200	1200	1200	1194	1194	1194	2500	2500	2494	2500

Corriente	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	100	104	208	215	
Caudal Etileno (Kg/h)	30877,6	25802,8	25802,8	25802,8	25802,8	25042,8	25042,8	25042,8	25042,8	25042,8	25042,8	5074,8	4670	400	5070	5070	5070	5070	5070	5070	404,80	760	563,1	0	0	
Caudal Propileno (Kg/h)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Caudal de DTP (Kg/h)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,913	3,6	
Caudal de TBP (Kg/h)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,52	0	
Caudal de TBPIN (Kg/h)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,57	3,6	
Caudal PE (Kg/h)	11863	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11863	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11863	0	0	0	
Caudal de Decano (Kg/h)	1359,5	1358	1358	1358	1358	1318	1318	1318	1318	1318	1318	1,5	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0,5	40	11,5	23,1	22,8
T (°C)	280	250	225	200	150	150	100	80	65	50	40	250	250	250	250	35	138	44	117	33	250	150	10	160	160	
P (Kg/cm2)	290	290	289,7	289,4	288,9	288,9	288,5	288,3	288	287,7	287	300	1,78	1,78	1,78	1,78	5,83	5,7	15,9	15,8	1,78	288,9	25	2500	2500	

Título: Diagrama de Flujo para o processo com peróxidos orgânicos

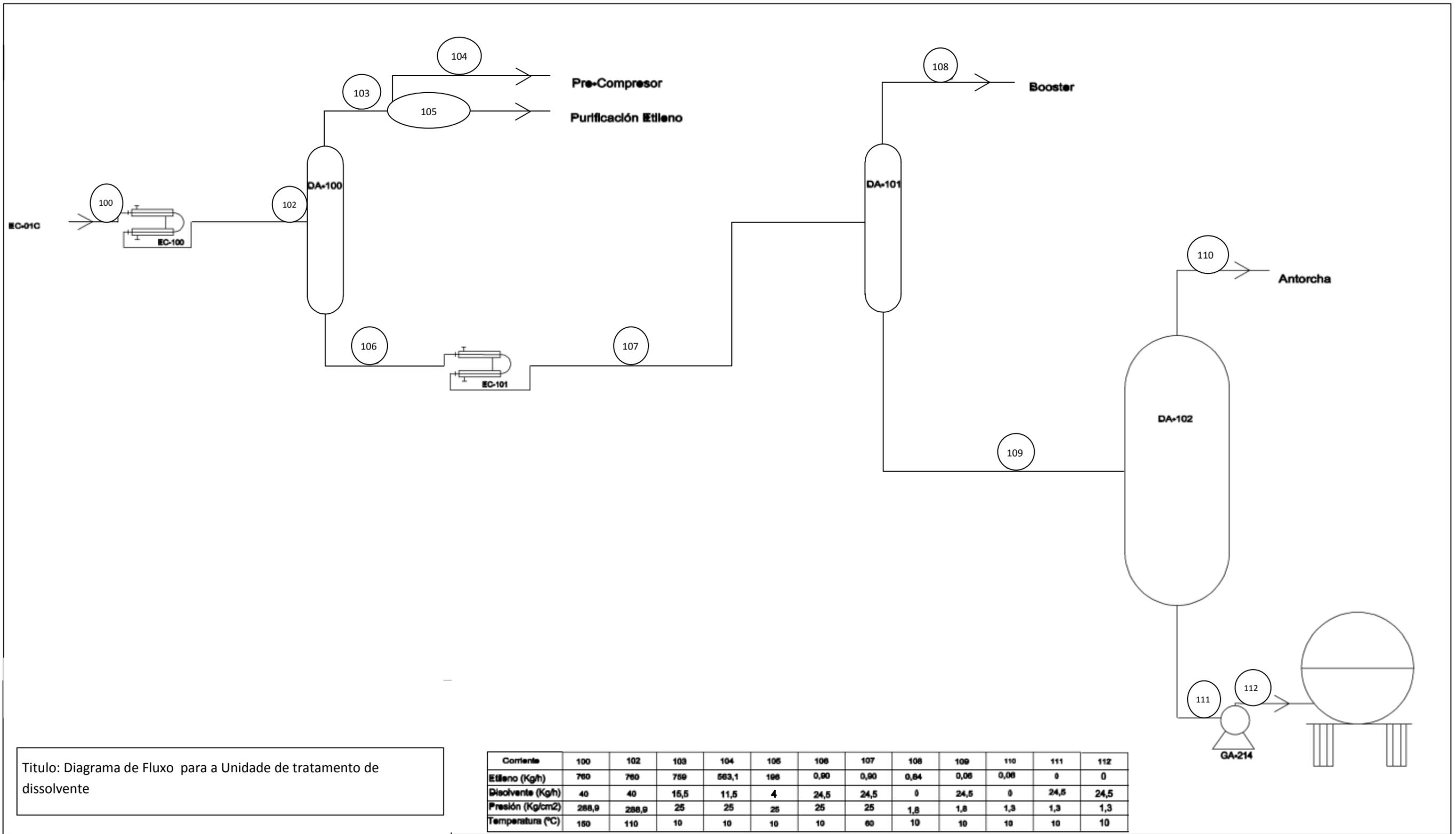


\* Las corrientes 3 y 4 son corrientes que funcionan en marcha normal con agua de Aru como liquido de refrigeración  
Las corrientes 3b y 4b son corrientes de puesta en marcha, el fluido refrigerantes es vapor de alta presión

Corriente	1	2	3	4	3b	4b	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Caudal Etileno (Kg/h)	9049	0	9049	9049	9049	9049	9049	9049	9049	9049	9049	9049	9049	39254	39254	19626,7	19626,7	19626,7	19626,7	19626,7	39254	29440,1	9813,4	9813,4
Caudal Propileno (Kg/h)	0	18,08	18,08	18,08	18,08	18,08	18,08	18,08	18,08	18,08	18,08	18,08	18,08	18,08	18,08	9,04	9,04	9,04	9,04	9,04	18,08	13,56	4,52	4,52
Caudal de Oxigeno (Kg/h)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Caudal PE (Kg/h)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T (°C)	18	30	19,8	15	19,8	35	92,7	37,4	100	49	114,5	89	45	40,7	100	100	100	70	65	67,4	105	105	105	35
P (Kg/cm2)	19	19	14,8	14,8	14,8	14,8	42	41,5	90	89,7	250	249,6	249,5	249,4	1200	1200	1200	1194	1194	1194	2500	2500	2500	2494

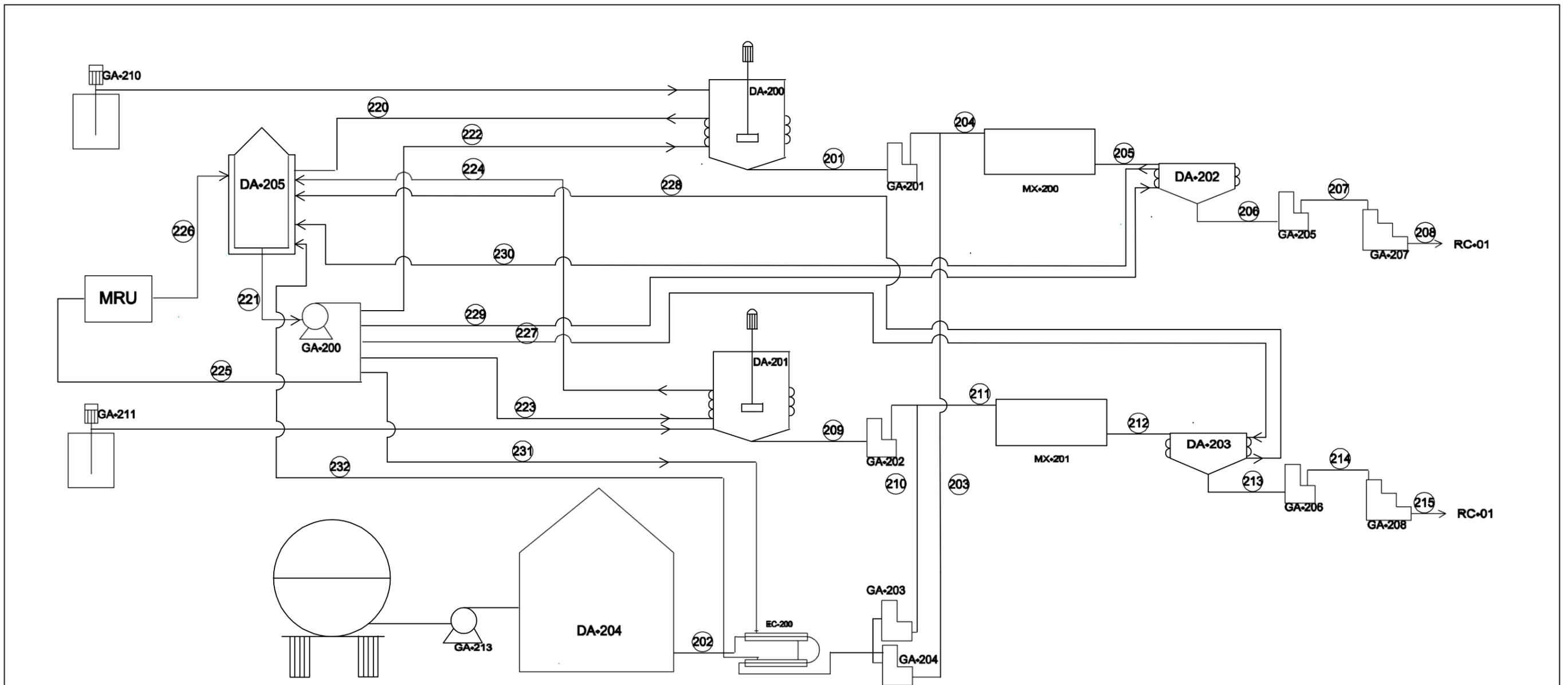
Corriente	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
Caudal Etileno (Kg/h)	35059,5	35059,5	30205	30205	30205	30205	30205	30205	30205	30205	30205	4854,5	4422,9	400	0	400	400	400	400	400	400	400	431,6
Caudal Propileno (Kg/h)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Caudal de Oxigeno (Kg/h)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,52	0	0	4,52	4,52	4,52	4,52	4,52	0
Caudal PE (Kg/h)	9041	9041	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9041	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9041
T (°C)	260	280	250	225	200	150	100	80	65	50	40	250	250	250	40	250	35	35	132	43	115,5	34	250
P (Kg/cm2)	2500	290	290	289,6	289,2	288,5	287,4	287,2	286,8	286,4	286	300	1,81	1,81	1,81	1,81	1,78	1,78	5,5	5,4	15	14,8	1,81

Título: Diagrama de Flujo para o processo com oxigénio



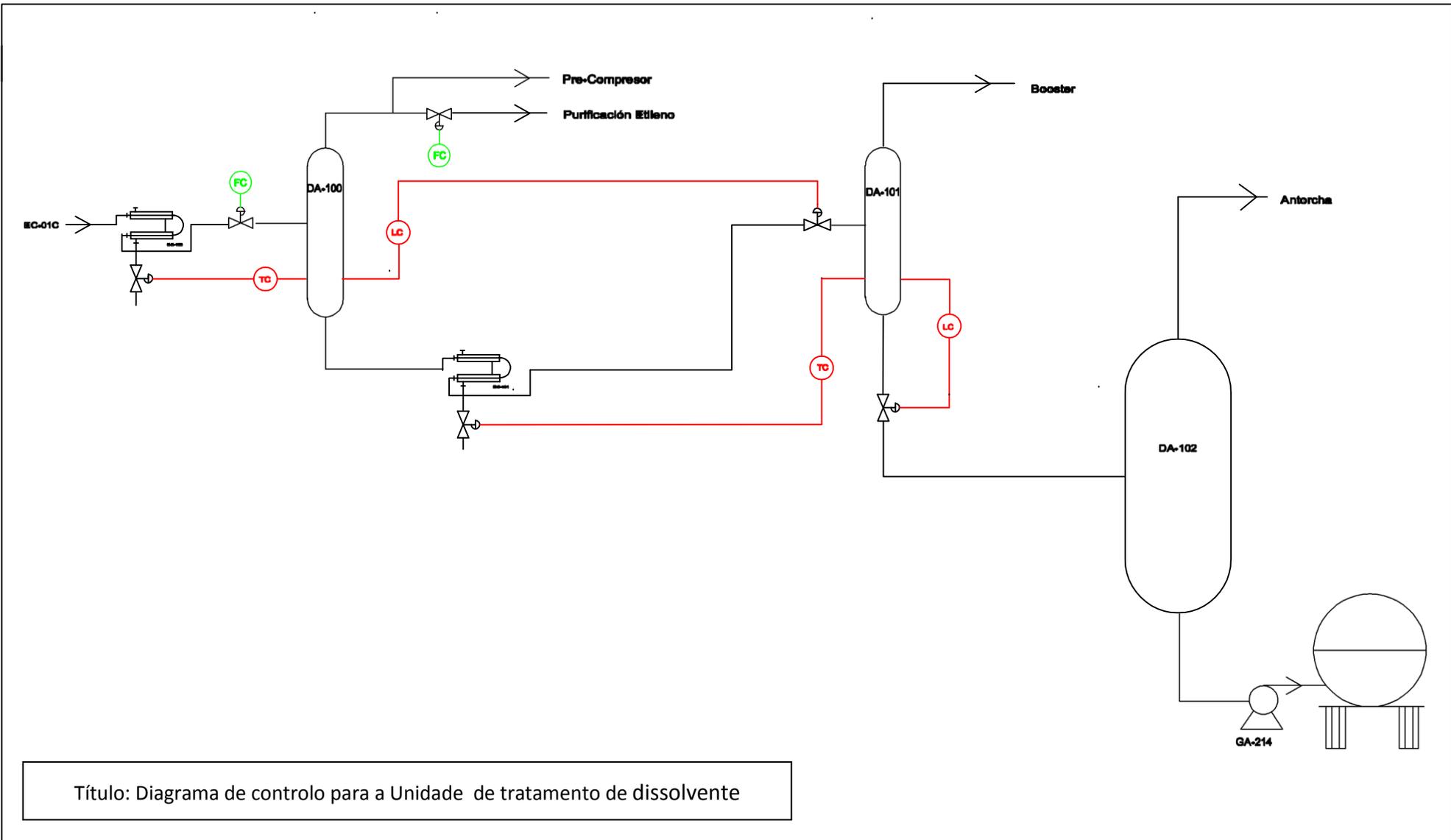
Titulo: Diagrama de Flujo para a Unidade de tratamento de dissolvente

Corriente	100	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112
Etileno (Kg/h)	760	760	759	563,1	196	0,90	0,90	0,84	0,06	0,06	0	0
Dissolvente (Kg/h)	40	40	15,5	11,5	4	24,5	24,5	0	24,5	0	24,5	24,5
Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	288,9	288,9	25	25	25	25	25	1,8	1,8	1,3	1,3	1,3
Temperatura (°C)	160	110	10	10	10	10	60	10	10	10	10	10

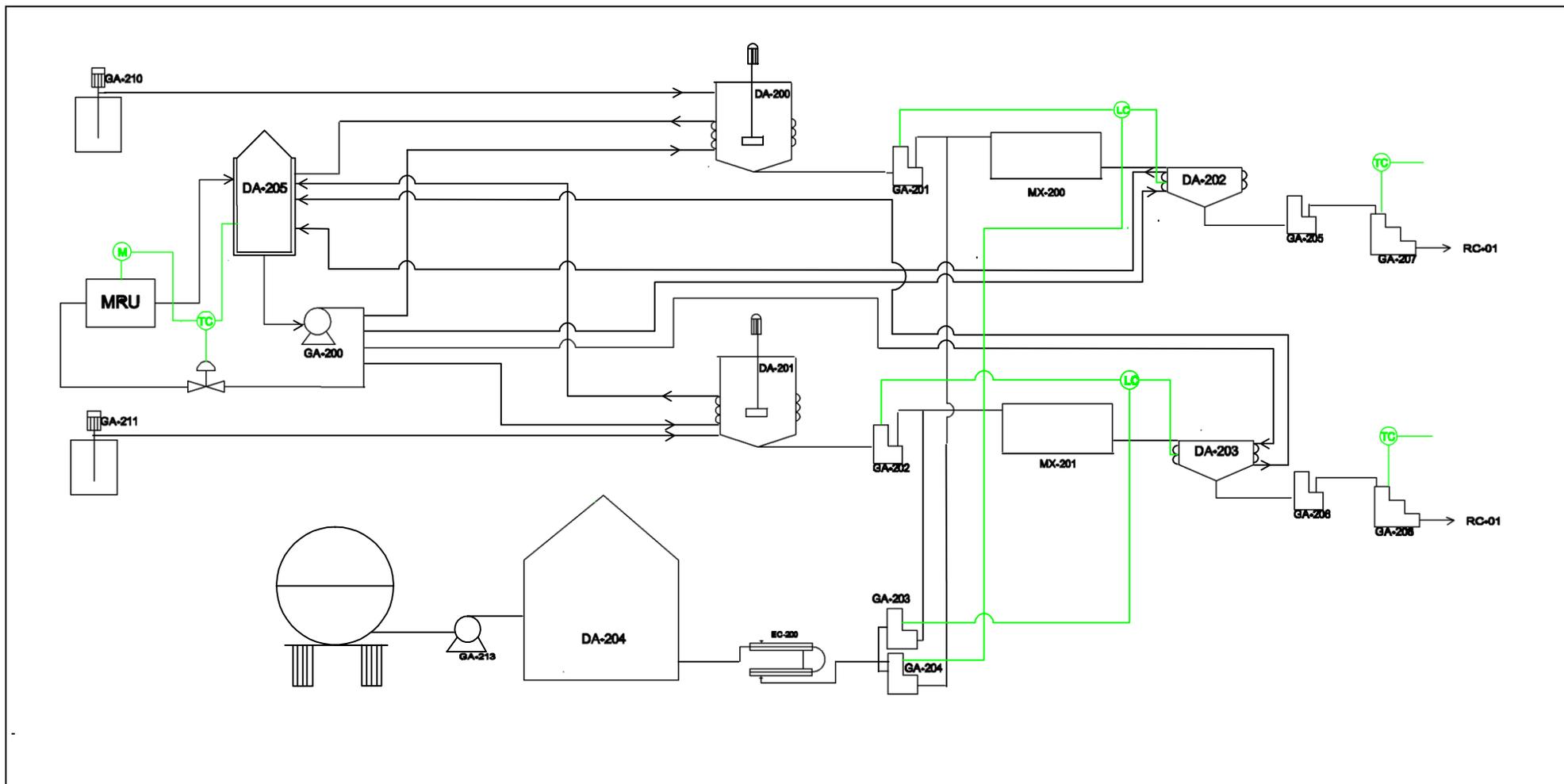


Título: Diagrama de fluxo para a Unidade de preparação de peróxidos orgânicos

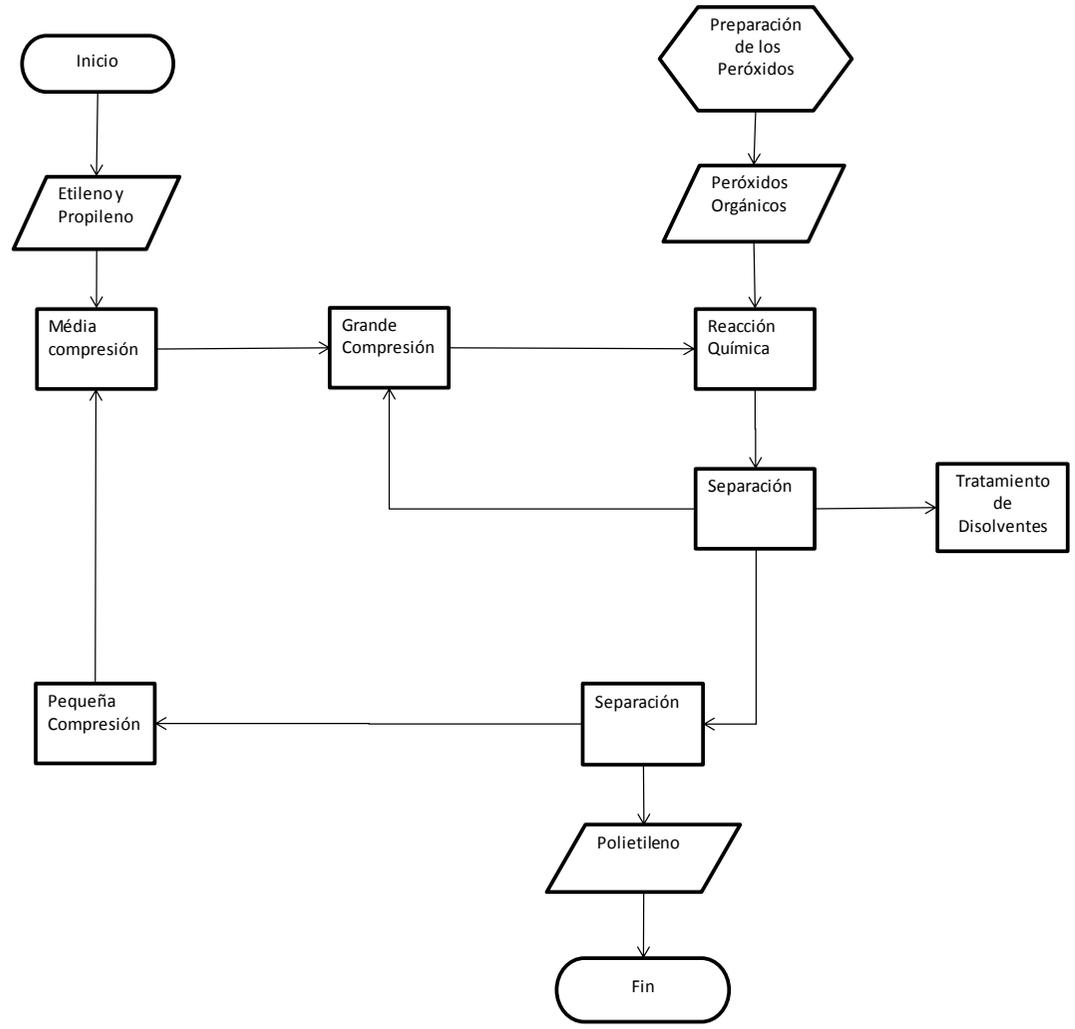
	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	
TBPIN (Kg/h)	4,56	0	0	4,56	4,56	4,56	4,56	4,56	3,5	0	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
DTP (Kg/h)	0,81	0	0	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	3,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
TBP (Kg/h)	1,5	0	0	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	0	0	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
DIBOLVENTE (Kg/h)	3,13	40	20	23,13	23,13	23,13	23,13	23,13	3	20	23	23	23	23	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
AGUA+GLICOL (Kg/h)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	231	1140	231	231	231	570	570	54	54	54	54	54	54	
PRESION (Kg/m2)	1,2	1,2	10	10	10	1,2	10	2500	1,2	10	10	10	1,2	15	2500	20	1,2	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
TEMPERATURA (°C)	1	40	5	1	5	5	5	160	1	5	5	5	5	5	160	-3	-8	-8	-8	-8	-3	-8	-10	-8	-3	-8	-3	-8	-3



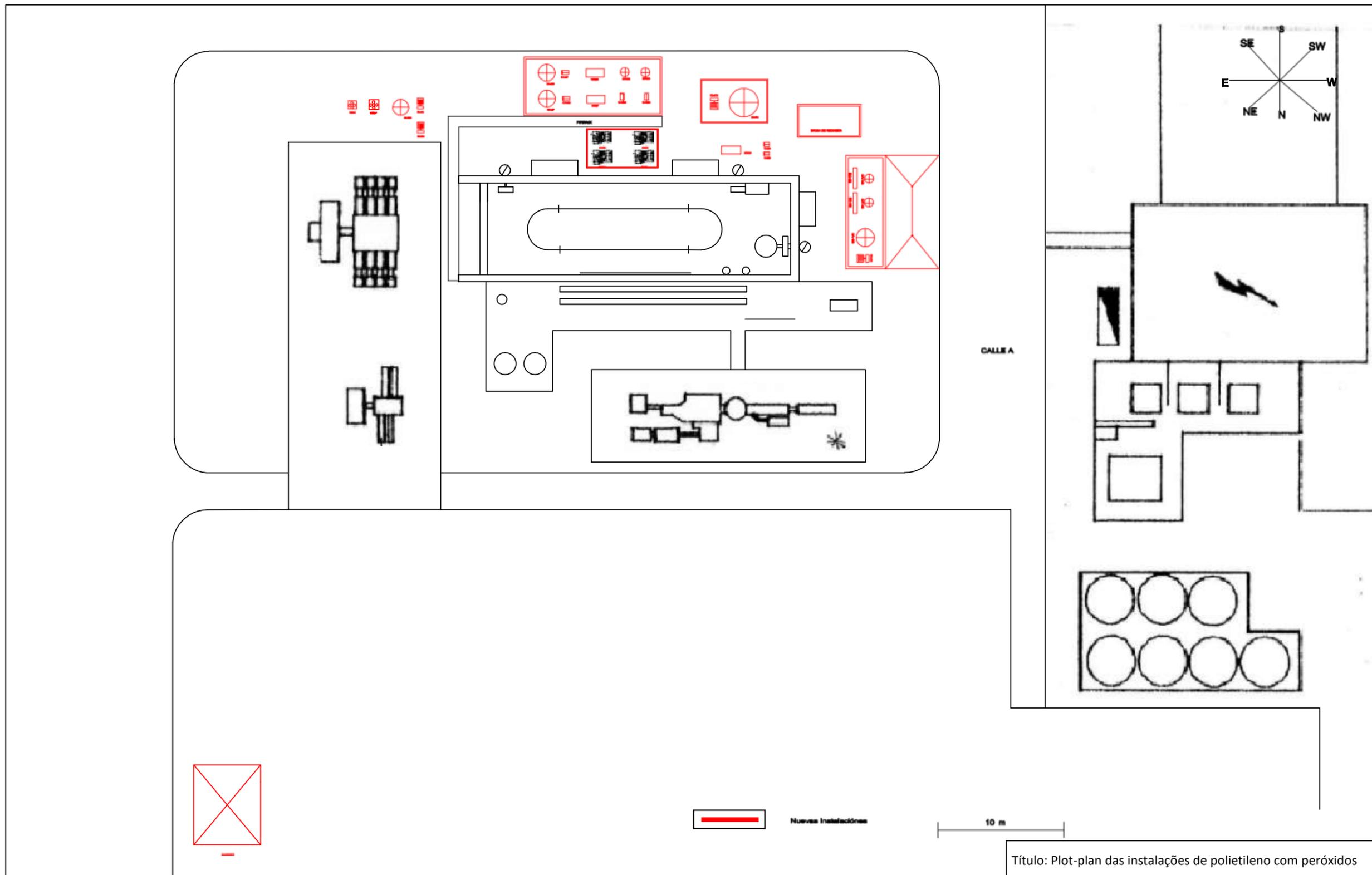
Título: Diagrama de control para a Unidade de tratamento de dissolvente



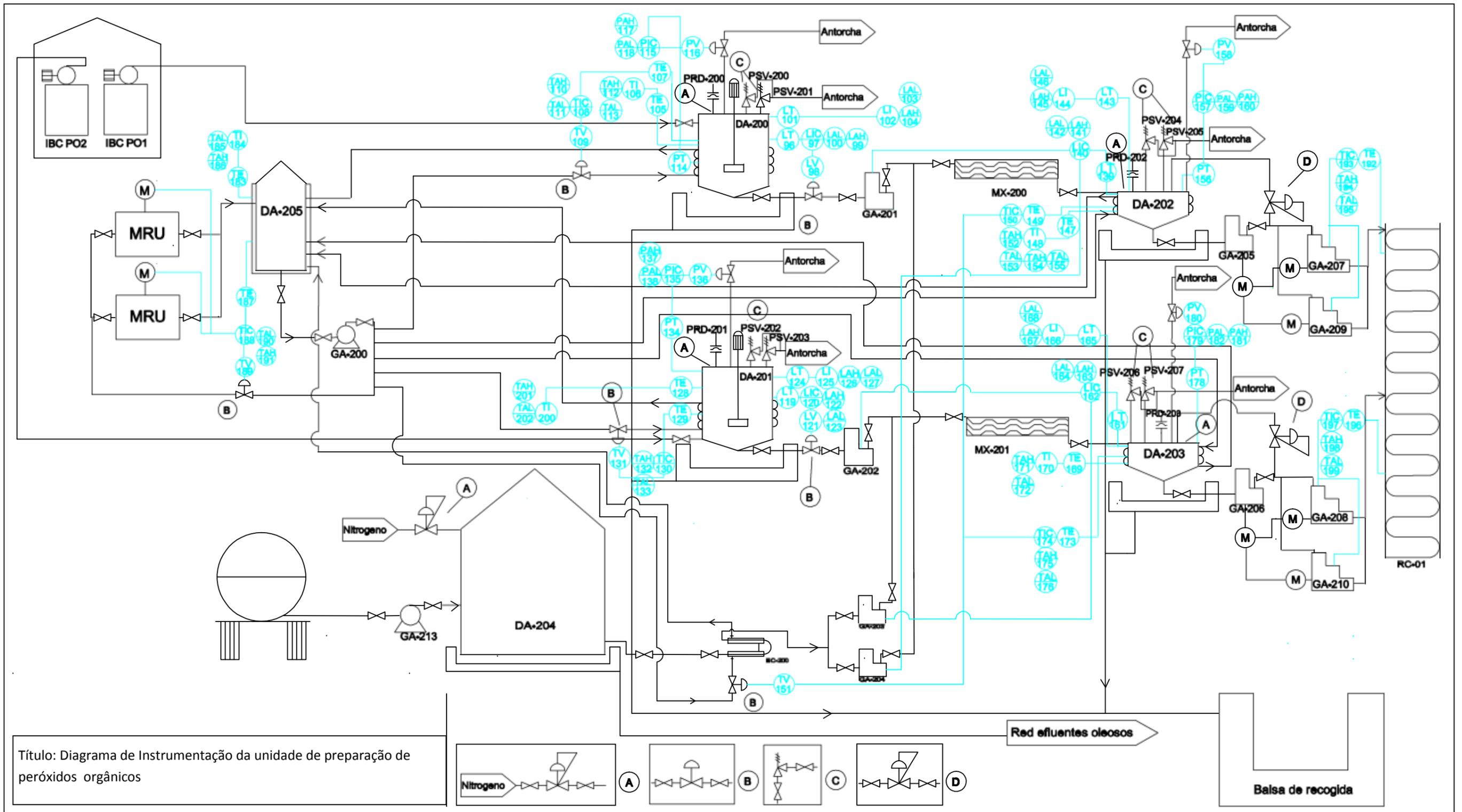
Título: Diagrama de controlo para a Unidade de preparação de peróxidos orgânicos



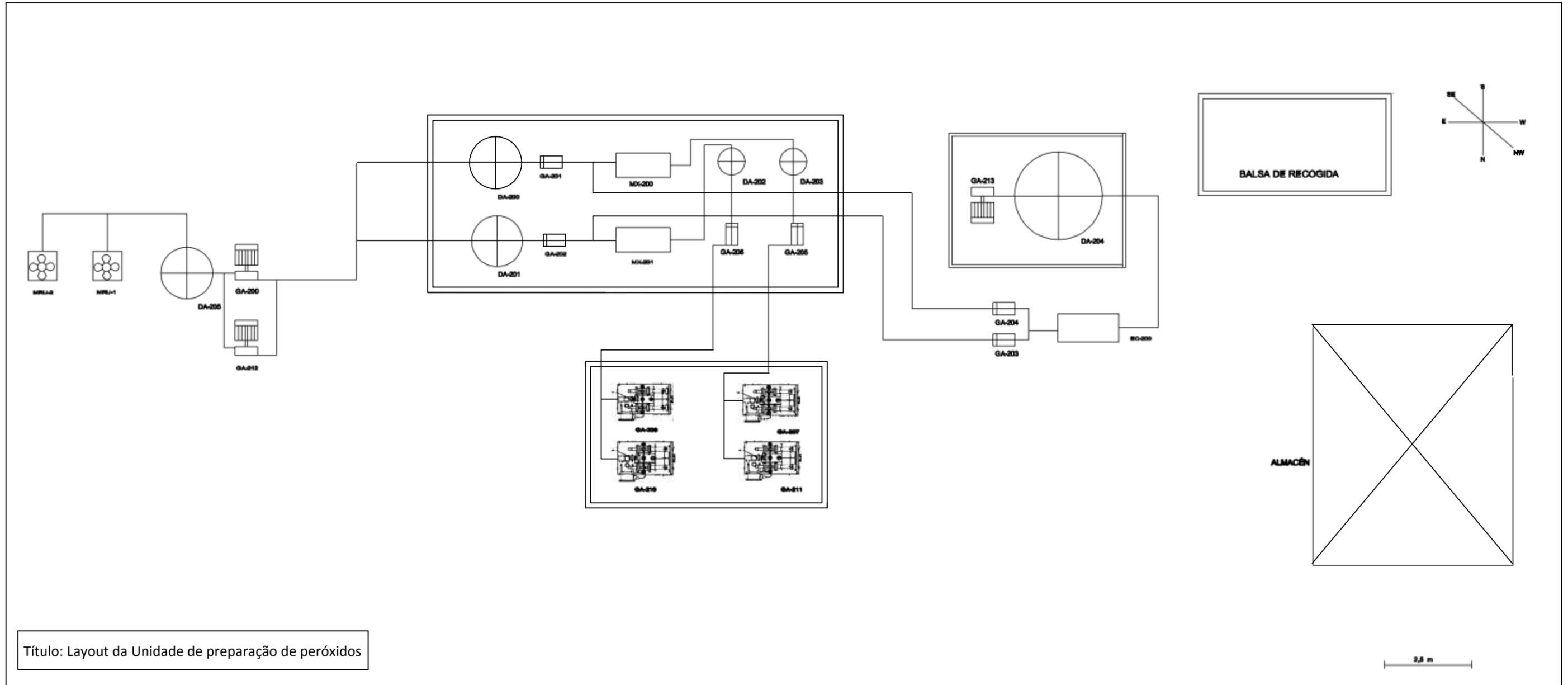
Título: Diagrama de blocos conceptual



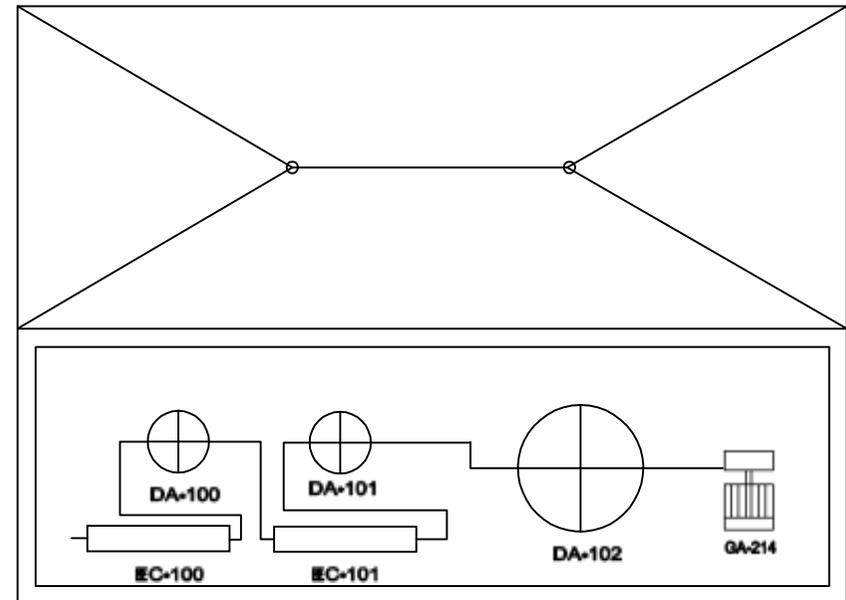
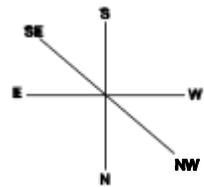
Título: Plot-plan das instalações de polietileno com peróxidos







Título: Layout da Unidade de preparação de peróxidos



Título: Layout da Unidade de tratamento de dissolvente