



Escola Universitària

Polit cnica de Mataró

Enginyeria Tècnica Industrial: Especialitat Electr nica Industrial

AUTOMATITZACIÓ D'UN PROCÉS DE TRACTAMENT D'AIGUA

XAVIER VIVES BALLESTA

MIQUEL ROCA I CISA

Tardor 2008

Dedicat a la Gisela
i en memòria del
Toti i la Consol.

RESUM

Aquest projecte consisteix en l'estudi, valoració i disseny de l'automatització i millora de la primera fase d'un procés de tractament i purificació d'aigües, on es reben diferents aigües d'entrada, que són tractades per aconseguir aigua d'osmosi, que s'utilitza en una segona fase.

La instal·lació amb la nova solució està composta per set entrades d'aigua que s'acumulen en un dipòsit clorat de 80.000 litres. Aquest, serveix aigua a una columna de sílex i a tres descalcificadors que treuen la calç de l'aigua i l'envien a un segon dipòsit de 80.000 litres. Una part d'aquesta aigua descalcificada s'utilitza per alimentar els processos de serveis externs a la producció com torres de refredament, calderes, circuit de fred i bombes de buit, i una segona part, és enviada al procés d'osmosi inversa que guarda l'aigua de sortida en un tercer dipòsit de 80.000 litres.

Aquest últim dipòsit serveix aigua a una segona fase de tractament, que no forma part d'aquest projecte, on hi ha la unitat de CDI (continuous deionization) i la unitat de destil·lació de la planta.

El projecte desenvolupa la millora de l'automatització per a dur a terme el control de cada un dels elements que componen la instal·lació d'aquesta primera fase de tractament, així com la incorporació d'alguns elements nous per al procés que milloren i augmenten la capacitat productiva de la instal·lació.

També inclou l'estudi i l'aplicació dels canvis de funcionament de la instal·lació utilitzant aquesta nova automatització que redueix un 33% el consum d'aigua d'entrada i que permeten un estalvi econòmic de fins a un 21 % del cost de producció de l'aigua tractada, gràcies a la utilització de menys aigua d'entrada, electricitat i productes químics.

El projecte també incorpora el càlcul i valoració dels costos per implementar la instal·lació així com el càlcul del retorn de la inversió.

RESUMEN

Este proyecto consiste en el estudio, valoración y diseño de la automatización y mejora de la primera fase de un proceso de tratamiento y purificación de aguas, donde se reciben diferentes aguas de entrada, que son tratadas para conseguir agua de osmosis, que se utiliza en una segunda fase.

La instalación con la nueva solución está compuesta por siete entradas de agua que se acumulan en un depósito clorado de 80.000 litros. Este, sirve agua a una columna de sílex y a tres descalcificadores que retiran el calcio del agua y la mandan a un segundo depósito de 80.000 litros. Una parte de esta agua descalcificada se utiliza para alimentar los procesos de servicios externos a la producción, como pueden ser las torres de enfriamiento, calderas, circuitos de frío y bombas de vacío, y una segunda parte se manda al proceso de osmosis inversa que guarda el agua de salida en un tercer depósito de 80.000 litros.

Este último depósito sirve agua a una segunda fase de tratamiento, que no forma parte de este proyecto, donde se encuentra la unidad de CDI (continuous deionization) y la unidad de destilación de la planta.

El proyecto desarrolla la mejora de la automatización para conseguir el control de cada uno de los elementos que componen la instalación de esta primera fase de tratamiento, así como la incorporación de algunos elementos nuevos para el proceso que mejoran y aumentan la capacidad productiva de la instalación.

También incluye el estudio y aplicación de los cambios de funcionamiento de la instalación utilizando esta nueva automatización que reduce un 33% el consumo de agua de entrada y que permiten un ahorro económico de hasta un 21% del coste de producción del agua tratada, gracias a la utilización de menos agua de entrada, electricidad y productos químicos.

El proyecto también incorpora el cálculo y valoración de los costes para implementar la instalación, así como el cálculo del retorno de la inversión.

ABSTRACT

This Project consists on the study, assessment and design of the automation and improvement of the first stage of a treatment and water purification process, where many different water inputs are received, which are treated to get osmosis water that it is used in a second stage.

The installation with the new solution is composed of seven water inputs which are accumulated into 80.000 litres chlorine tank. This one serves water into a sand filter column and into three softeners which get the lime off from the water and afterwards, water is sent to a second 80.000 litres tank. Some of this softened water is used to feed the external service process to the production like cooling towers, cauldrons, cold circuit or vacuum pumps, and a second part, it is sent to the reverse osmosis process which keeps water output into a third 80.000 litres tank.

This last tank sends water to a second part of the treatment, which is not studied in this research, where the CDI (continuous deionization) unit is and the distillation unit of the plant.

The project explains the automation improvement to be able to do the control of all the elements which compose the installation of this first treatment stage, as well as the incorporation of some new elements to the process, that will improve and increase the productive capacity of the installation.

It also includes the study and implementation of changes in operation using this new automation that reduces a 33% of water input consumption and which allow a saving up to 21% of the cost of treat water, thanks to using less water input, electricity and chemicals.

The project also incorporates the calculation and assessment of costs to implement the installation as well as the calculation of the return on investment.

INDEX

1. INTRODUCCIÓ, JUSTIFICACIÓ I OBJECTIUS	1
1.1. Introducció	1
1.2. Justificació del projecte.....	3
1.3. Objectius del projecte	3
2. PRECEDENTS I PROCÉS	5
2.1. Estat de l'art	5
2.1.1. El tractament i purificació d'aigües per a ús farmacèutic.	5
2.1.2. El procés de Fresenius Kabi	6
2.2. Instal·lació actual.....	8
3. ESPECIFICACIONS I REQUERIMENTS.....	11
3.1. Normativa.....	11
3.2. Especificacions, requeriments i funcionament	11
3.2.1. Entrada d'aigües.....	12
3.2.2. Filtració, descalcificació i acumulació d'aigua descalcificada.....	16
3.2.3. Grup de pressió i servei d'aigua descalcificada.....	19
3.2.4. Procés d'osmosi inversa i acumulació d'aigua osmotitzada.....	20
4. DISSENY DEL PROJECTE	25
4.1. Disseny dels diagrames P&ID.....	25
4.2. Disseny dels esquemes elèctrics.....	26
4.3. Components de la instal·lació.....	26
4.3.1. Actuadors.....	27
4.3.2. Instrumentació.....	29
4.3.3. Components de l'armari elèctric i càlcul de les proteccions.	30
4.3.4. Elements de control i interacció amb l'operari.....	33
5. EL PROGRAMA DEL PLC I DE LA PANTALLA TÀCTIL.....	37
5.1. Disseny del programa del PLC.....	37
5.1.1. Estructura del programa del PLC.....	38

5.1.2.	Les seccions del programa.....	39
5.2.	El programa scada	44
5.2.1.	Tags	45
5.2.2.	Pantalles i sinòptics	45
5.2.3.	Alarmes.....	63
6.	PRESSUPOST I CÀLCUL DEL RETORN DE LA INVERSIÓ.....	65
6.1.	Valoració econòmica	65
6.1.1.	Valoració econòmica de l'armari elèctric.....	65
6.1.2.	Valoració econòmica de les modificacions mecàniques.	65
6.1.3.	Valoració econòmica de la nova instrumentació i els nous actuadors	66
6.1.4.	Valoració econòmica del PLC i la pantalla SCADA.	66
6.1.5.	Valoració del disseny i dels costos totals	67
6.2.	Càlculs de la inversió.....	68
6.2.1.	Valor afegit en el procés.....	68
6.2.2.	Simulació futura.....	73
6.2.3.	Retorn de la inversió	75
7.	CONCLUSIONS	77
8.	BIBLIOGRAFIA I LOCALITZACIONS URL.....	79
8.1.	Referències bibliogràfiques.....	79
8.2.	Localitzacions URL	79
9.	ANNEXES.....	81
9.1.	Annex I: Planols P&ID	81
9.2.	Annex II: Diagrames de consum d'aigua.....	89
9.3.	Annex III: Contingut del CD.....	95

ÍNDEX DE FIGURES

Fig.1.1 Emplaçament de Fresenius Kabi a Vilassar de Dalt.....	2
Fig.2.1 Esquema de purificació d'aigües de Fresenius.	7
Fig.3.1 Foto dels dipòsits amb les entrades d'aigua.....	12
Fig.3.2 Bomba injecció clor.....	16
Fig.3.3 Columna del sílex.....	17
Fig.3.4 Descalcificador.....	18
Fig.3.5 Osmosi inversa de Fresenius Kabi.....	23
Fig.3.6 Vàlvula 3 vies.....	23
Fig.4.1 Logotip Eplan.....	26
Fig.4.2 CJUM-CPU11-ETN.....	34
Fig.4.3 Pantalla NS5-TQ00-V2.....	35
Fig.5.1 CX-ONE d'Omron.....	37
Fig.5.2 CX-Programer d'Omron.....	38
Fig.5.3 Seccions del programa i exemple de programació amb contactes.....	39
Fig.5.4 Seccions del programa.....	40
Fig.5.5 Grafcet de primer nivell del programa dels descalcificadors.....	42
Fig.5.6 Grafcet engegada de la osmosi.....	43
Fig.5.7 CX-Designer d'Omron.....	45
Fig.5.8 Estructura de les principals pantalles.....	46
Fig.5.9 Pantalla sinòptic.....	47
Fig.5.10 Pantalla principal d'entrada (amb alarma activada).....	48
Fig.5.11 Pantalla històric d'alarmes.....	49
Fig. 5.12 Pantalla menú principal.....	50
Fig. 5.13 Accés a les pantalles d'aigües des del menú principal.....	50
Fig. 5.14 Pantalla 1/2 de configuració d'entrada d'aigües.....	51
Fig. 5.15 Pantalla 2/2 de configuració d'entrada d'aigües.....	52
Fig.5.16 Accés a les pantalles de bombes.....	52

Fig.5.17	Pantalla 1/2 de configuració de les bombes.	53
Fig.5.18	Pantalla de configuració de bombes 2/2.	54
Fig.5.19	Accés a les pantalles de l' osmosi.	54
Fig.5.20	Pantalla osmosi.	55
Fig.5.21	Pantalla de configuració dels paràmetres de paro per estalvi.	56
Fig.5.22	Pantalla de comptadors de temps de parada d'estalvi RO.	57
Fig.5.23	Accés a la pantalla vàlvula 3 vies des del menú principal.	57
Fig. 5.24	Pantalla de configuració de les vàlvules 3 vies.	58
Fig.5.25	Accés a la pantalla de les bombes d'injecció.	58
Fig.5.26	Pantalla de funcionament de les bombes d'injecció.	59
Fig.5.27	Accés a la pantalla dels descalcificadors.	59
Fig.5.28	Pantalla de funcionament i configuració dels descalcificadors.	60
Fig.5.29	Accés a les pantalles de nivells i cabals.	61
Fig.5.30	Pantalla exemple de configuració dels nivells.	62
Fig.5.31	Pantalla de configuració de les consignes d'entrada.	62
Fig.5.32	Pantalla exemple de visualització dels cabals.	63

ÍNDEX DE TAULES

Taula 4.1 Llistat d'actuadors.....	28
Taula 4.2. Instrumentació i senyals de control del procés.....	30
Taula 4.3 Càlcul de la font d'alimentació.....	31
Taula 4.4 Càlcul del transformador.....	31
Taula 4.5 Taula d'elements de potència.....	32
Taula. 5.1 Llista d'alarmes.....	64
Taula 6.1 Valoració econòmica quadre de control.....	65
Taula 6.2 Valoració modificacions mecàniques.....	66
Taula 6.3. Taula de preus de la instrumentació i els nous actuadors.....	66
Taula 6.4 Taula de preus PLC i pantalla.....	67
Taula 6.5 Valor total de la inversió.....	67
Taula.6.6 Taula resum del valor afegit i el cost per litre en cada fase.....	73
Taula 6.7 Taules resum de l'estalvi.....	75
Taula 6.8 Retorn de la inversió.....	76

LLISTA D'ACRÒNIMS

- CDI Continuous deionization.
- RO Revers osmosi.
- UV Ultraviolats.
- WFI Water for injection.
- PLC Programmable logic controller.
- P&ID Piping and instrumentation diagram.
- CAD Computer Aided Design.
- ICP Interruptor de control de potencia.
- CPU Control processing unit.
- Grafcet Gràfica de control d'etapes de transició.
- SCADA Supervisory Control and Data Acquisition.
- HR Holding Relay.

1. INTRODUCCIÓ, JUSTIFICACIÓ I OBJECTIUS

1.1. Introducció

El projecte consisteix en l'estudi, valoració i disseny de l'automatització i millora de la primera part del procés de tractament i purificació d'aigües de la planta de producció de Fresenius Kabi. El projecte, doncs, engloba les fases d'entrada d'aigües, filtració, descalcificació, i la obtenció d'aigua osmotitzada que enllacen amb una segona fase de desionització i destil·lació que no formen part d'aquest projecte.

La planta de Fresenius Kabi està situada a Vilassar de Dalt i des de 1965 es dedica a la fabricació d'especialitats farmacèutiques.

Concretament, la planta de Vilassar està especialitzada en la producció de solucions parenterals més conegudes com "sueros gota a gota" i entre els productes més comuns que fabrica es destaquen els injectables i les solucions per a la irrigació.

La majoria del preparats de Fresenius són injectables per via intravenosa (s'administren en vena) i per tant són les formes d'injectables més delicades.

L'empresa fabrica solucions amb formats que van des de 5ml fins a 1000ml amb ampolla i flascó de plàstic i els seus productes són venuts al mercat Espanyol i exportats a varis països de la Comunitat Europea.

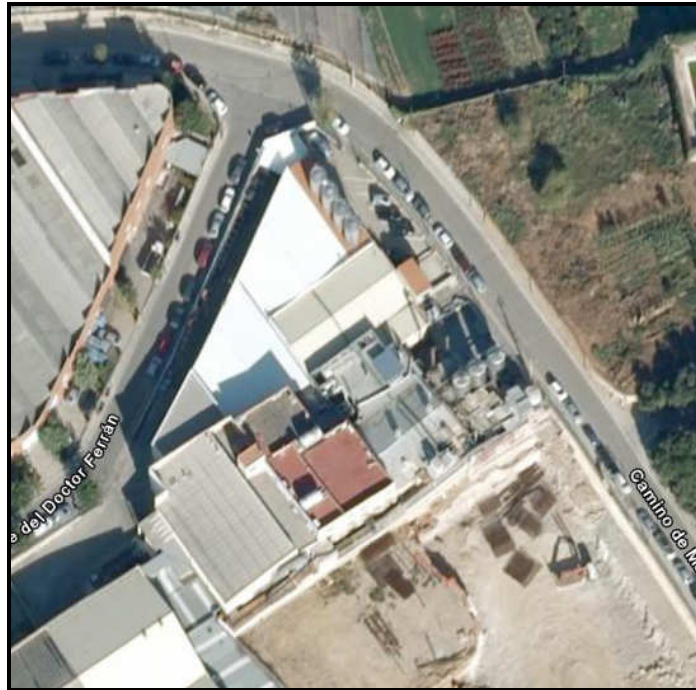


Fig.1.1 Emplaçament de Fresenius Kabi a Vilassar de Dalt

Una de les matèries primes més importants que utilitza la planta és l'aigua. Aquesta, s'utilitza per la producció, neteges i també per als serveis auxiliars de la planta. Per tant, al de tenir aquest gran consum d'aigua converteix aquest material en un dels materials més importants per al procés de producció de la planta de Vilassar.

En aquests últims anys l'aigua s'està convertint en un material cada cop més car i escàs, i això fa que moltes empreses i persones intentin millorar els processos d'aprofitament i consum d'aquest element, obtenint així un estalvi econòmic i sobre el medi ambient bo per a la empresa i la societat.

En aquest cas el projecte aporta una nova solució a la primera fase de tractament i purificació d'aigües de l'empresa Fresenius Kabi on, aprofitant la instal·lació actual, millorant sistemes i equips, i canviant parts del funcionament de l'actual instal·lació, és pot aconseguir un estalvi aproximat del 33% de l'aigua que es consumeix ara mateix en aquest procés.

Per tant, en aquest projecte hi trobarem un punt on es descriu l'estat actual i els problemes del procés que ens ajuda a desenvolupar un altre punt on es proposen les solucions als problemes i millores de la instal·lació, (requeriments), per obtenir la renovació i l'estalvi esperat.

A més, el projecte inclou el disseny elèctric i el càlcul i programació dels nous dispositius així com el funcionament de la nova instal·lació.

Per últim, al poder considerar aquest projecte com a una inversió, s'inclou un estudi amb la valoració econòmica del cost de les modificacions i la implementació, i el càlcul del retorn de la inversió.

1.2. Justificació del projecte

La justificació del projecte per part de l'empresa Fresenius Kabi és l'estalvi econòmic que comporta el fet de consumir menys aigua a més de la reducció del cost de producció de l'aigua tractada.

També es important per a la empresa destinar inversions a projectes mediambientals que impliquen estalvi d'energia tal i com proposa la norma ISO 14001 amb la que treballa Fresenius Kabi.

Existeixen dues justificacions tècniques importants per part de l'empresa.

La primera és la necessitat de renovar una instal·lació vella i deixar de tenir problemes, avaries i parades tècniques. Aquest, és un punt important per Fresenius ja que implica destinar menys diners en recursos de manteniment i guanyar en fiabilitat de funcionament.

La segona justificació tècnica és la necessitat per algunes màquines de la planta de treballar amb aigua descalcificada i no osmotitzada (més agressiva). Això també comporta en l'actualitat avaries i parades de producció. Per tant a l'empresa li interessa treballar amb la nova instal·lació que pot servir aigua descalcificada a unes màquines i aigua d'osmosi a altres.

La meua justificació per portar endavant aquest projecte és el fet de poder resoldre un problema real aprofitant els coneixements tècnics adquirits a la universitat, juntament amb l'experiència també adquirida a la planta de producció de Fresenius.

Això, i el coneixement de les necessitats dels problemes tècnics i reals de la planta de producció, que són responsabilitat del departament on treballa, fan que em senti motivat per intentar donar aquesta solució.

1.3. Objectius del projecte

El present projecte té com a objectiu resoldre la millora de l'automatització del tractament i purificació d'aigües de l'empresa Fresenius Kabi.

L'objectiu del projecte per a la empresa és gaudir dels avantatges que comportarà la posada en marxa de la millora proposada. Aquestes, aportaran a l'empresa la capacitat d'augmentar la producció d'aigua en un futur i al mateix temps, reduir costos i augmentar l'eficiència i la fiabilitat d'una instal·lació que actualment ha quedat desfàsada. D'aquesta manera l'empresa guanya en competitivitat.

En referència als meus objectius personals, cal destacar que aquest projecte, es convertirà en un projecte real i que per tant em permetrà conèixer i treballar amb un projecte d'automatització des del principi fins al final i des del disseny inicial fins a la posta en marxa de la instal·lació.

A més, em permetrà gestionar i controlar parts del projecte real que podran ser subcontractades coneixent amb tot detall les especificacions tècniques i els requeriments necessaris de la instal·lació.

2. PRECEDENTS I PROCÉS

En primer lloc, els precedents intenten resumir l'estat de l'art dels processos de tractament d'aigües, és a dir, com s'han tractat les aigües per a processos industrials i com es tracten avui en dia així com les diferents tecnologies que existeixen i que poden ser aplicades per a la indústria per aconseguir aigua descalcificada i osmotitzada.

En segon lloc, s'explica el procés de tractament d'aigües de l'empresa Fresenius Kabi amb totes les seves característiques i la situació en la que es troba actualment.

2.1. Estat de l'art

Les tècniques de purificació d'aigua han avançat molt al llarg de la història. La desinfecció de l'aigua destinada al consum ha significat una reducció molt gran de malalties transmeses a través de l'aigua. No va ser fins a principis de segle quan es van començar a aplicar les primeres tècniques de purificació industrials utilitzant sorres i filtres de carbó per filtrar l'aigua que es destinava a la ciutat de Paris. Però l'avanç més significatiu va ser quan es va començar a aplicar desinfectants a l'aigua per tal de prevenir les malalties com la còlera. Durant la primera meitat del segle XX països com Estats Units van començar a normalitzar la situació i a aplicar estàndards per fixar la qualitat bacteriològica de l'aigua.

A partir d'aquí, amb l'evolució de la tecnologia, la medicina i la biologia, a la segona meitat del segle XX apareixen equips i productes que ens permeten, avui en dia, tenir totalment controlada la purificació de l'aigua per a consum humà i per ús industrial i farmacèutic.

2.1.1. El tractament i purificació d'aigües per a ús farmacèutic.

Les tècniques de purificació d'aigua més usuals avui en dia, passen primer de tot per un filtrat en diverses etapes per anar reduint cada cop més la presència de sòlids. Podríem parlar de tècniques com filtració amb sorra, microfiltració, ultrafiltració i per últim la tècnica de osmosi inversa, que és la tècnica més fina ja que pot separar partícules de fins a 0,001 micres.

A part de la filtració existeixen tècniques que purifiquen l'aigua a través d'elements o productes químics. Aquest és el cas de tècniques com l'adició de productes químics, la clarificació i la desionització que es fa a través de descalcificadors i mòduls CDI.

Hem de parlar també de tècniques per desinfectar l'aigua i evitar el creixement bacteriològic. Com a exemple, de les més conegudes en podem anomenar tres: desinfecció amb ozó, desinfecció amb clor (cloració) i desinfecció amb llum ultraviolada.(UV).

Per últim, la destil·lació és una de les tècniques més usades en la indústria farmacèutica i que serveix per separar la matèria orgànica i inorgànica així com impureses bacteriològiques.

2.1.2. El procés de Fresenius Kabi

El procés actual de Fresenius Kabi s'encamina a la obtenció final d'aigua per injecció WFI (Water For Injection) i consta de diverses etapes en que després de cada una d'elles s'aconsegueix una aigua d'una qualitat i puresa superior.

Les diverses etapes d'aquest procés a la planta són les següents:

- Entrada i cloració
- Filtració
- Descalcificació
- Procés d'osmosi inversa
- Desionització
- Llum ultraviolada
- Destil·lació

A continuació es mostra un esquema de tot el procés de purificació d'aigües de la planta i una petita explicació de cada etapa.

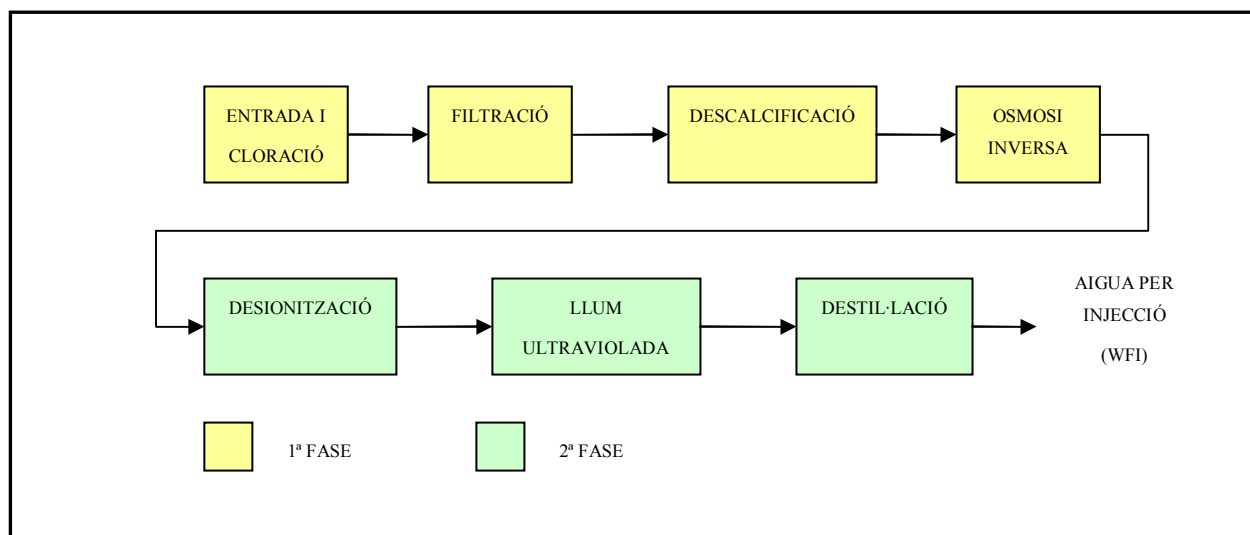


Fig.2.1 Esquema de purificació d'aigües de Fresenius.

2.1.2.1 Entrada i cloració

Aquest és el primer pas del tractament en el que es barregen les aigües procedents de pous i de xarxa pública en un mateix dipòsit on són clorades per reduir el nivell de microorganismes i impedir el creixement bacteriològic a l'aigua i als recipients en contacte amb aquesta. De fet el clor oxida la matèria orgànica i per tant es comporta com un potent desinfectant.

2.1.2.2 Filtració

En aquest segon pas es fa una filtració per tal de treure sediments sòlids de fins a 30 micres. Aquest procés es fa a través d'una columna que conté unes sorres (en el cas de Fresenius és sílex) que no deixen passar aquest tipus de sediment. Cada setmana es regenera aquest filtre fent passar aigua en sentit contrari per extreure els sediments que han quedat atrapats.

2.1.2.3 Descalcificació

La descalcificació es fa mitjançant el intercanvi iònic. Com el seu nom indica, aquest procés consisteix en un intercanvi de ions entre la substància que es desitja treure (en aquets cas calci i magnesi) i un medi sòlid a través del qual es fa passar el flux de l'aigua. Aquest és el cas de la descalcificació mitjançant resines, en el que es realitza un intercanvi de ions de calci i magnesi per ions de sodi al passar l'aigua a través d'un medi porós constituït de zeolites de sodi. Quan la resina es satura d'ions de calci i magnesi es regenera mitjançant una solució saturada de sal.

En el procés de purificació de Fresenius, tot aquest procés es fa a través de columnes de descalcificadors.

2.1.2.4 Procés d'osmosi inversa

Després de la descalcificació l'aigua passa al procés d'osmosi inversa. Aquest procés separa els components orgànics i inorgànics gràcies a la pressió que exerceix sobre una membrana semipermeable que és més gran que la pressió osmòtica de la solució. La pressió fa passar l'aigua pura a través de la membrana semipermeable deixant enrere els sòlids dissolts. El resultat és un flux d'aigua pura i lliure de minerals, col·loides, partícules de matèria i bacteries.

2.1.2.5 Desionització

L'aigua potable tractada que ha passat a través del filtre de la osmosis inversa (RO) es porta cap a un desionitzador elèctric continu (CDI) que és un sistema semblant al descalcificador però que acaben d'eliminar tots els cations i anions per mitja d'un intercanvi iònic que canvia el sodi (Na), calci (Ca) i magnesi (Mg) per hidrogen (H) i carbonats (HCO_3), clor (Cl), i sulfats (SO_4) per ions hidroxil (OH).

2.1.2.6 Llum ultraviolada

La radiació ultraviolada és capaç de desinfectar l'aigua amb l'objectiu d'eliminar les bacteries que han aconseguit passar a través de qualsevol dels subsistemes principals de tractament. De fet, l'aigua desionitzada recircula entre un dipòsit de 5.000 litres i l'equip de llum ultraviolada permetent així que l'aigua estigui sempre en moviment.

2.1.2.7 Destil·lació

Per aconseguir aigua per injecció (WFI) es fa passar l'aigua per una unitat de destil·lació que a través de diverses columnes i amb l'ajuda de vapor, evapora l'aigua d'entrada separant els condensats i els vapors resultants en un recipient a part. D'aquesta manera s'aconsegueix una aigua de gran qualitat i puresa. Aquesta s'emmagatzema en un tanc de 8.000 litres que alimenta un loop d'aigua destil·lada que la manté a 95 C° i en circulació i moviment en tot moment.

2.2. Instal·lació actual

Actualment, la planta de producció de Fresenius Kabi a Vilassar de Dalt disposa d'una sala i instal·lacions de tractament i purificació d'aigües que funciona des de l'any 1990, per tant estem parlant d'una instal·lació vella, bastant degradada i amb poc rendiment, i que a més, degut a les noves necessitats de la planta, comença a quedar petita i cara.

En els següents punts es comenten alguns dels problemes actuals d'aquesta instal·lació:

- El quadre de control de la instal·lació que hi ha actualment disposa d'una automatització molt degradada amb relés, pulsadors i selectores antics que fa impossible qualsevol ampliació. Cal remarcar, que aquest quadre és el responsable de moltes avaries que succeeixen cada cop amb més freqüència a la instal·lació, i que això comporta costos que repercuteixen a la producció i al manteniment de la planta.
- La seguretat de la instal·lació contra manipulacions externes o equivocacions d'operaris de la planta es molt baixa. Qualsevol persona (operaris interns, empreses externes que fan treballs a la planta etc...) pot tocar qualsevol selector o pulsador amb risc de parar o engegar algun procés.
- La instal·lació disposa actualment de dos descalcificadors funcionant de manera sincronitzada. L'augment de producció actual provoca una demanda d'aigua descalcificada més gran i que no es pot servir només amb dos descalcificadors. Això ens obliga en un futur a instal·lar una tercera columna de descalcificació sincronitzada amb les dues ja existents.
- Actualment el procés serveix aigua osmotitzada a altres dos processos de la planta, és a dir, serveix aigua per al procés de destil·lació (com a matèria prima per a la fabricació de les solucions) i aigua per als processos de serveis (calderes de vapor, autoclaus, instal·lacions de fred industrial i bombes de buit).
- Degut a l'augment de costos de l'aigua i al seu tractament es planteja la possibilitat de que l'aigua per a processos de serveis sigui descalcificada i no osmotitzada. D'aquesta manera es redueix molt el cost del tractament d'aquesta aigua al estalviar en aquest cas el pas d'osmosi, que rebutja un 40% de l'aigua que li entra. Aquest canvi obliga a tenir un altre dipòsit per acumular aigua descalcificada dins del procés a automatitzar.
- En l'actualitat part de l'aigua d'osmosi s'acumula en dos dipòsits vells de 10.000 litres situats al terrat de l'edifici i algunes màquines com els autoclaus reben l'aigua d'aquests dipòsits per gravetat. Els dipòsits són molt vells i actualment estan molt degradats tant per dintre com per fora fet que fa que s'aconselli la seva substitució.
- Els dipòsits actuals de la sal i els de 80.000 litres disposen només de nivell màxim i mínim perdent així informació dels nivells entremitjos (analògics) de la instal·lació.

- Les 7 entrades d'aigua (2 de xarxa, 3 de pous i 2 de reserva) no disposen de cabalímetres i és difícil obtenir informació sobre la quantitat d'aigua de cada punt que entra al sistema.
- Actualment, quan la instal·lació està en marxa la osmosi inversa (RO) i les seves bombes funcionen al 100% (també el seu rebuig) tot i que hi ha moments en que no és necessari ja que no hi ha demanda d'aigua. Amb el sistema actual és molt difícil fer parar i tornar a engegar la RO en aquests moments que no es necessita.
- La planta disposa d'uns 6.000 m³ anuals d'aigua sobrant procedent dels autoclaus. Actualment aquest volum d'aigua es llença. És lògic doncs, recuperar aquesta aigua i tornar a entrar-la al sistema per tornar-la a tractar. Tal i com està actualment la instal·lació això no es possible.
- Actualment les torres de refredament reben aigua de xarxa que passa per un petit descalcificador abans d'entrar a les torres. Aquesta instal·lació és insuficient per a la capacitat d'aigua de refredament actual que necessiten les màquines de Fresenius.

Amb la situació actual, és difícil que el procés de tractament d'aigües de la planta de Fresenius Kabi pugui adequar-se a les necessitats que avui han sorgit i que en un futur sorgiran. L'estalvi i eficiència energètica i les noves necessitats de producció formen part d'aquestes necessitats que han de permetre que la planta segueixi el seu camí de creixement tal i com demana el mercat.

3. ESPECIFICACIONS I REQUERIMENTS

En aquest apartat es mostra quina és la normativa a la que s'ha d'adequar la millora de la nova instal·lació. Aquesta normativa engloba normes externes de disseny i construcció i normes internes de disseny, construcció i materials pròpies del grup Fresenius Kabi.

També veurem en aquest capítol quines són les especificacions i requeriments de funcionament de la millora de instal·lació.

3.1. Normativa

Tot el disseny del projecte així com la implementació de la instal·lació final compleix la normativa següent:

- Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió.
- Directiva comunitària 89/392/CEE
- Seguretat en màquines UNE-EN 60204-1
- Normativa interna de la planta de producció de Fresenius Kabi (2008) (Veure annex III, carpeta normativa)

3.2. Especificacions, requeriments i funcionament.

El procés de tractament d'aigües es pot dividir en diverses parts o sub-processos. En aquest punt s'explica detalladament el funcionament d'aquests processos per tal de dur a terme l'automatització d'aquests en els capítols següents del projecte.

El procés comença amb l'entrada o captura de les aigües en el dipòsit n°1 de 80.000 litres i acaba en dues parts o dos classes d'aigua tractada:

Primer amb l'acumulació d'aigua descalcificada i clorada en el dipòsit n°2 també de 80.000 litres i que s'utilitza per a serveis externs a la producció i segon, amb l'acumulació d'aigua d'osmosi en el dipòsit n°3 preparada per a ser enviada a una segona fase de tractament (CDI i destil·lació) en un dipòsit de 80.000 litres.

Les parts més importants d'aquest primer tractament són les següents:

- Entrada d'aigües.
- Filtració, descalcificació i acumulació d'aigua descalcificada
- Grup de pressió i servei d'aigua descalcificada
- Procés d'osmosi inversa

En els següents punts s'expliquen detalladament les fases de la instal·lació amb el nou funcionament i els seus requeriments.

3.2.1. Entrada d'aigües

L'empresa Fresenius Kabi rep aigua de cinc punts d'entrada generals que es divideixen en dos punts de xarxa pública i tres pous propietat de la mateixa empresa. A part, també entren al sistema dos punts més amb les aigües recuperades de les cambres dels autoclaus un cop han acabat el seu procés.



Fig.3.1 Foto dels dipòsits amb les entrades d'aigua.

A continuació es detallen les característiques dels punts més importants de la part d'entrades d'aigua.

3.2.1.1 Pou Vidal i Barraquer

Punt d'entrada d'aigua que ve d'un pou situat a uns 300 metres fora del recinte de l'empresa. Té un grup de pressió propi amb un pressòstat per parar la bomba a pressió màxima i un per engegar quan la pressió és mínima.

L'aigua arriba a la planta a través d'un tub de 1 ½"

L'automatització d'aquesta entrada es fa a través de la vàlvula V/01 que en automàtic tanca quant el dipòsit està per sobre d'un nivell determinat per aquesta entrada (es pot canviar per pantalla) i en manual l'usuari decideix l'estat de la vàlvula.

L'entrada disposa d'un cabalímetre FT/1 amb display de parcial i total i amb sortida 4-20 mA que s'envia al PLC (Programmable logic controller) per tractar les dades.

3.2.1.2 Xarxa Can Robinat

Punt d'entrada d'aigua de xarxa pública situat al recinte del pou Can Robinat que arriba a la planta a través d'una canonada de 1 ½"

L'automatització d'aquesta entrada es fa a través de la vàlvula V/02 que en automàtic tanca quan el dipòsit està per sobre d'un nivell determinat i en manual ho decideix l'usuari a través de la pantalla tàctil.

L'entrada disposa d'un cabalímetre FT/2 amb display de parcial i total i amb sortida 4-20 mA que s'envia al PLC per tractar les dades.

3.2.1.3 Pou Can Robinat

Punt d'entrada d'aigua des d'un pou situat a uns 100 metres fora del recinte de l'empresa amb un grup de pressió propi per parar i engegar la bomba igual al del pou Vidal i Barraquer

L'aigua arriba a la planta a través d'una canonada de 1 ½".

L'automatització d'aquesta entrada es fa a través de la vàlvula V/03 que en automàtic tanca quan el dipòsit està per sobre d'un nivell determinat i en manual l'usuari pot decidir si la vàlvula ha d'estar oberta o tancada

L'entrada disposa d'un cabalímetre FT/3 amb display de parcial i total i amb sortida 4-20 mA que s'envia al PLC per tractar les dades.

3.2.1.4 Xarxa camí de Mataró

Punt d'entrada d'aigua de xarxa pública situat a l'entrada de la planta que envia l'aigua a través d'un tub de 1 ½".

L'automatització d'aquesta entrada es fa a través de la vàlvula V/04 que en automàtic tanca quan el dipòsit està per sobre del nivell determinat i en manual l'usuari pot decidir l'estat de la entrada.

L'entrada disposa d'un cabalímetre FT/4 amb display de parcial i total i amb sortida 4-20 mA que s'envia al PLC per tractar les dades.

3.2.1.5 Pou Laboratori

Punt d'entrada d'aigua que ve d'un pou situat al pati de la planta i que envia l'aigua a través d'una canonada de 1 ½". Anteriorment, el control de parada i engegada de la bomba es feia des del quadre de control del sistema de tractament amb un relé-nivell i amb el senyal de les sondes del pou. El nou quadre de control agafa aquest control a través del PLC que controla la bomba B/01 situada al pou. En automàtic, el PLC engega la bomba del pou sempre que el nivell estigui per sobre del mínim.

L'automatització d'aquesta entrada es fa a través de la vàlvula V/05 que en automàtic tanca quan el dipòsit està per sobre del nivell determinat i en manual l'usuari pot decidir l'estat de la vàlvula.

L'entrada disposa d'un cabalímetre FT/5 amb display de parcial i total i amb sortida 4-20 mA que s'envia al PLC per tractar les dades.

3.2.1.6 Recuperació d'aigües autoclaus 1,2,3 i 4.

Punt d'entrada que aporta l'aigua recuperada de les cambres dels autoclaus 1,2,3 i 4 de la planta.

L'entrada s'automatitza a través de la V3V/02 que és una vàlvula de 3 vies que en automàtic envia l'aigua al desaigna quan el dipòsit d'entrada (dipòsit 1) està ple i la deixa entrar al dipòsit quan el nivell és inferior al nivell màxim.

En funcionament manual l'usuari pot decidir a través de la pantalla tàctil cap a on s'envia l'aigua recuperada.

3.2.1.7 Recuperació d'aigües dels autoclaus 5 i 6

Punt d'entrada que aporta l'aigua recuperada de les cambres dels autoclaus 5 i 6 de la planta.

L'entrada s'automatitza a través de la V3V/03 que és una vàlvula de 3 vies que en automàtic envia l'aigua al desaigua quan el dipòsit d'entrada (dipòsit 1) està ple i la deixa entrar al dipòsit quant el nivell és inferior al nivell màxim.

En funcionament manual l'usuari pot decidir cap a on s'envia l'aigua recuperada.

3.2.1.8 Entrades reserva

Existeixen dues entrades reserva per a possibles ampliacions que disposen de les vàlvules V/6 i V/7 controlades també a través del PLC igual que la resta d'entrades.

3.2.1.9 Dipòsit 1

Dipòsit vertical de 80.000 litres on es barregen totes les aigües procedents de les entrades. Aquest tanc, disposa del transductor de pressió LT1 situat a la part inferior que envia 4-20 mA al display 1 i al PLC de la sala de les aigües.

El dipòsit també disposa del manòmetre PG1 en el mateix punt que el transductor de pressió.

Cal especificar, que l'entrada d'aigües en el dipòsit 1 pot ser configurada per l'usuari a través de la pantalla tàctil de l'armari de control. Això, té la finalitat de poder permetre, en automàtic, en una primera fase, entrar aigua de punts molt més econòmics com per exemple l'aigua dels pous o de recuperació, i en una segona fase, si és necessari, l'aigua de xarxa, que té un preu més elevat.

3.2.1.10 Grup de cloració 1

Es disposa d'una petita bomba (BI/01) d'injecció que agafa clor d'un bidó de 200 litres i l'injecta al dipòsit 1 per tal de clorar l'aigua.

En automàtic, la bomba BI/01 es posa en marxa sempre que entra aigua nova al dipòsit 1, i en manual la bomba funciona sempre.

Aquesta petita bomba regula el seu cabal a través d'un potenciòmetre manual.



Fig.3.2 Bomba injecció clor.

3.2.2. Filtració, descalcificació i acumulació d'aigua descalcificada

Des del dipòsit 1 surt una canonada de 2" que fa arribar l'aigua a la sala de tractament on hi ha la següent part del tractament. En aquesta part hi trobarem unes bombes d'entrada al procés, la columna de sílex i els descalcificadors.

3.2.2.1 Bombes d'entrada al procés

Les bombes B/02 i B/03 s'utilitzen per augmentar la pressió i cabal, i fer passar l'aigua a través de la columna de sílex i dels descalcificadors.

Antigament el funcionament era amb una bomba i es limitava simplement a un marxa paro.

Amb el PLC i el nou funcionament amb 2 bombes, sempre funciona una de les dues i el PLC canvia cada cert temps (es pot canviar per pantalla) el funcionament d'una bomba a l'altre. Això permet que les bombes treballin el mateix número d'hores i a més, si alguna d'elles s'espantlla i s'ha de portar a reparar, l'usuari, a través de la pantalla tàctil, pot fer treballar el sistema només amb una bomba.

En funcionament automàtic, el PLC atura les bombes en cas que el dipòsit 2 d'aigua descalcificada superi els 78.000 litres sempre i quan no hi hagi cap descalcificador fent la regeneració.

3.2.2.2 Columna de sílex

La columna de sílex conté sorres i fangs per tal d'eliminar la matèria orgànica i les partícules en suspensió que poden entrar al procés. Funciona com un gran filtre que cada setmana és netejat a través de fer passar aigua de forma manual en sentit invers per tal d'extreure la matèria que s'ha pogut acumular.



Fig.3.3 Columna del sílex.

3.2.2.3 Descalcificadors

Antigament la instal·lació tenia dos descalcificadors que enviaven senyals a l'antic quadre de relés i aquest controlava les vàlvules dels capçals per tal de fer anar els dos descalcificadors de manera correlativa.

La instal·lació actual, afegeix una nova columna i per tant treballa amb tres descalcificadors en paral·lel on els capçals de les vàlvules de cada columna treballen de forma independent. El PLC rep les senyals del capçal de les vàlvules del descalcificador i sap en tot moment si el descalcificador està regenerant o preparat per donar aigua descalcificada. A la sortida de l'aigua de cada columna, hi ha una vàlvula motoritzada (VD/01, VD/02 i VD/03). A través d'aquestes vàlvules el PLC pot controlar quin descalcificador dels tres ha de donar aigua descalcificada en cada moment.

En funcionament normal i automàtic el PLC permet donar aigua descalcificada al DS/01 si aquest està regenerat. Si no ho està, li permet al DS/02 i si tampoc ho està li permet al DS/03.

Un cop el descalcificador està donant aigua i entra en regeneració, el PLC rep el senyal i tanca la vàlvula de sortida corresponent (VD/01, VD/02, o VD/03) obrint al mateix temps la vàlvula (VD/01, VD/02, o VD/03) del descalcificador següent.

Aquest procediment és cíclic permetent així, tenir sempre un descalcificador donant aigua descalcificada mentre els altres dos estan regenerant o en espera.

A través de la pantalla tàctil l'usuari pot decidir amb quants i amb quins descalcificadors vol treballar, a més de veure l'estat actual de cada columna de descalcificació (servei, espera o regenerant).

El procés de regeneració agafa sal hidrolitzada d'un dipòsit de 500 litres situat a l'interior de la sala de tractaments. Aquest dipòsit rep la sal hidrolitzada per gravetat procedent del dipòsit 4 de 25.000 litres. Aquest dipòsit disposa d'un transductor de pressió LT6 que envia la senyal 4-20mA cap al PLC per utilitzar-la de nivell.



Fig.3.4 Descalcificador.

3.2.2.4 Acumulació d'aigua descalcificada

L'aigua ja descalcificada procedent dels descalcificadors, s'acumula al dipòsit 2 de 80.000 litres.

Aquest dipòsit disposa d'un manòmetre de pressió PG2 i envia la senyal de nivell 4-20mA al PLC a través del transductor de pressió LT2.

3.2.2.5 Grup de cloració 2

Aquest grup de cloració ajusta el nivell de clor al dipòsit 2 d'aigua descalcificada. De fet, l'aigua que arriba a aquest dipòsit ja conté clor però cal comentar que el procés de descalcificació redueix una mica els nivells de clor que han entrat al dipòsit 1.

En funcionament automàtic, aquesta bomba d'injecció (BI/04) es posa en marxa sempre que hi ha engegada alguna de les dues bombes d'entrada (B/03 o B/02).

L'usuari pot engegar la bomba en funcionament manual des de la pantalla tàctil.

Aquesta petita bomba regula el seu cabal a través d'un potenciòmetre manual.

3.2.3. Grup de pressió i servei d'aigua descalcificada

Anteriorment, l'aigua, al sortir dels descalcificadors anava directament a la fase d'osmosi inversa. D'aquí, a través d'una vàlvula 3 vies s'enviava aigua osmotitzada cap a dos llocs diferents.

Una part de l'aigua que sortia de la osmosi inversa s'enviava sense clorar a un dipòsit de fibra de vidre de 10.000 litres que s'utilitzava per servir al segon procés de tractament d'aigües de la planta i que no forma part d'aquest projecte. Aquest segon pas de tractament, que encara existeix, és el que consisteix en una unitat de CDI i un destil·lador per aconseguir aigua WFI (Water For Injection) que s'utilitza per a la fabricació de les partides i les neteges de reactors.

Una segona part d'aigua osmotitzada es clorava i s'enviava als dipòsits 2 i 3 de 80.000 litres que estaven connectats per vasos comunicants. A partir d'aquí una bomba agafava aigua d'aquests dipòsits i la pujava al terrat de l'edifici central de la planta on s'acumulava més aigua en els dipòsits 4 i 5 de 10.000 litres cada un. Aquesta aigua s'utilitzava per als serveis com calderes, neveres, bombes de buit i per a omplir les cambres dels autoclaus. La pressió del servei era la que es generava per gravetat.

A l'annex I d'aquesta memòria hi podem trobar els diagrames P&ID de la situació actual i la nova solució que mostren tot el que s'ha explicat fins ara.

El nou sistema treballa separant els dipòsits 2 i 3, un per aigua descalcificada i l'altre per aigua osmotitzada, i eliminant els dipòsits 4 i 5 del terrat de l'edifici (molt antics i amb massa pes).

Això es possible gràcies a que les màquines i serveis que eren alimentats pels dipòsits del terrat poden ser-ho amb aigua descalcificada i no com es feia, amb aigua osmotitzada tal i com s'ha comentat en el punt 2.2 d'aquest projecte.

El grup de pressió doncs, és el que s'utilitza per substituir els dipòsits del terrat i alimentar màquines i serveis amb aigua descalcificada amb una mica més de pressió i cabal del que hi havia amb els dipòsits del terrat.

3.2.3.1 El grup de pressió amb les bombes B/04 i B/05

El grup de pressió agafa aigua descalcificada del dipòsit 2 i està format per les bombes B/04 i B/05 que a través de dos variadors de la marca Omron i utilitzant la senyal d'un pressòstat per mantenir el cabal necessari (10.000 litres/h) i una pressió constant de 2 bars per servir aigua descalcificada quan les neveres, calderes, bombes de buit i torres de refredament tenen demanda d'aigua.

Cal destacar que les senyals dels pressòstats comanden directament els variadors de pressió sense passar per el PLC i fent que l'equip de pressió sigui un equip autònom.

Des de la pantalla tàctil, l'usuari pot seleccionar quina de les bombes ha de treballar i quantes hores treballa cada una abans de fer el canvi. En automàtic, les bombes funcionen de manera alternativa les mateixes hores cada una i paren quan no hi ha consum d'aigua descalcificada.

3.2.4. Procés d'osmosi inversa i acumulació d'aigua osmotitzada

Anteriorment tota l'aigua que entrava a la RO (osmosi inversa) venia de la fase de descalcificació. Actualment, amb el nou funcionament, com que es disposa d'un dipòsit d'aigua descalcificada i un altre d'aigua osmotitzada, la RO no ha de tractar tanta aigua ja que part d'aigua descalcificada ja s'ha utilitzat per a altres processos comentats anteriorment en els punts 1.2 i 1.4.3 d'aquest mateix projecte. Aquest és un punt molt important a destacar ja que part del retorn de la inversió prové d'aquest factor tal i com es veurà més endavant en el capítol 6 d'aquesta memòria.

3.2.4.1 Bombes B/06 i B/07

Són les bombes que porten l'aigua des del dipòsit 2 fins a la sala de tractament d'aigües on hi ha la RO. El seu funcionament és similar al dels altres grups de bombes de la mateixa instal·lació.

En automàtic sempre funciona una de les dues bombes, que es va alternant amb l'altre cada x hores de funcionament. Des de la pantalla tàctil l'usuari pot decidir quin és el temps en que es fa

aquest canvi i en cas d'avaria o manteniment d'una bomba pot fer que treballi en automàtic l'altre bomba.

En manual des de la pantalla es pot posar en marxa qualsevol de les dues bombes.

3.2.4.2 Injecció de bisulfit

La injecció de bisulfit al procés es produeix just abans del procés de osmosi. La incorporació d'aquets producte es fa per tal d'extreure el clor de l'aigua i evitar que les membranes de la osmosi es deteriorin més ràpid.

El PLC comanda la bomba d'injecció BI/02 que agafa el producte d'un petit dipòsit situat a la sala de tractaments d'aigua.

L'usuari té la possibilitat a través de la pantalla tàctil de posar el seu funcionament en manual (sempre funcionant) o en automàtic.

En automàtic, la bomba es para sempre que el grup de bombes B/06 i B/07 estan parades.

En manual la bomba funciona sempre.

Aquesta petita bomba regula el seu cabal a través d'un potenciòmetre manual.

3.2.4.3 Injecció de sosa

La injecció de sosa al circuit es fa per tal d'extreure el CO₂ de l'aigua d'entrada a la RO ja que així, en la etapa següent, en el procés de CDI, la conductivitat de l'aigua es més baixa.

Una bomba d'injecció (BI/03) agafa el producte d'un petit dipòsit situat a la sala de tractament d'aigües.

El funcionament és similar al de les altres bombes d'injecció. En automàtic, el PLC ha d'engegar la bomba sempre que alguna de les dues bombes B/06 i B/07 i la osmosi estan en marxa. A través de la pantalla tàctil l'usuari pot posar la bomba en manual per fer-la funcionar sempre.

Aquesta petita bomba regula el seu cabal a través d'un potenciòmetre manual.

3.2.4.4 Osmosi inversa (RO)

La osmosi disposa d'una bomba de 15 Kw a l'entrada per tal d'augmentar la pressió i fer passar l'aigua a través de la membrana.

En la instal·lació antiga, la RO estava sempre engegada, i l'aigua recirculava en els moments que no hi havia necessitat d'aigua osmotitzada. Això provocava una despesa d'aigua enorme

procedent del rebuig de la RO, que és sempre del 37 % tal i com es comenta en el punt 1.2 d'aquest mateix projecte.

Amb el sistema actual, el PLC para la RO sempre que no hi ha necessitat d'aigua osmotitzada, es a dir, sempre que el dipòsit 3 està ple. Aquest moment s'anomena "PARADA PER ESTALVI".

En els moments de parada per estalvi, el PLC engega la RO cada 3 hores (temps que es pot configurar per la pantalla tàctil) per tal que les membranes de la RO es netegin i no s'infectin amb pirògens. En aquests moments, l'aigua recircula cap al dipòsit 2 d'aigua descalcificada. Passats 20 minuts, (temps que es pot configurar a través de la pantalla), i si continuem en les condicions de parada per estalvi, la RO es torna a parar.

Sempre que es produeix una engegada de la RO ja sigui després d'una parada per estalvi o per una engegada manual, la vàlvula 3 vies envia l'aigua els primers 10 minuts (temps que es pot configurar per la pantalla tàctil) cap al dipòsit 1 d'aigua descalcificada. Això és per tal d'enviar la primera aigua, que té una mica més de conductivitat, cap al dipòsit menys crític. Passat aquest temps, el programa del PLC a través de les condicions programades i de la vàlvula 3 vies V3V/1 decideix si envia l'aigua al dipòsit 3 o continua enviant-la al dipòsit 2 en recirculació per parada per estalvi.

L'entrada a la RO disposa de la vàlvula VRO/1 que el PLC tanca cada cop que hi ha una parada per estalvi. Això evita que l'aigua entri a la RO des del dipòsit 2 per gravetat i produeixi rebuig.

Cal destacar que la osmosi disposa de la seva pròpia alimentació elèctrica per funcionar, i que el PLC del quadre de control general de les aigües només controla una sortida que posa o no en marxa la RO i una entrada que informa si la bomba s'ha posat en marxa.



Fig.3.5 Osmosi inversa de Fresenius Kabi.

3.2.4.5 Vàlvula 3 vies

La vàlvula 3 vies V3V/01, en funcionament automàtic, ha d'enviar l'aigua cap al dipòsit 3 d'aigua osmotitzada però en el cas que el dipòsit 3 estigui ple i la osmosis no pugui parar, la vàlvula ha de canviar automàticament i retornar l'aigua cap al dipòsit 2 d'aigua descalcificada.

En manual, l'usuari pot decidir en quina posició queda la vàlvula.



Fig.3.6 Vàlvula 3 vies.

3.2.4.6 Acumulació d'aigua osmotitzada

El dipòsit 3 és de 80.000 litres igual que els dipòsits 1 i 2. Aquest, s'utilitza per emmagatzemar l'aigua de osmosi procedent de la RO i també disposa d'un transductor de pressió que envia una senyal 4-20 mA cap al PLC que l'utilitza de nivell. L'usuari pot consultar l'estat del nivell a la pantalla tàctil.

3.2.4.7 Bomba B/09 i circulació d'aigua osmotitzada.

El grup de bombes B/09 i B10 s'encarrega de portar l'aigua osmotitzada del dipòsit 3 cap als autoclaus i cap al segon gran procés de tractament d'aigua de la planta. Aquest segon procés inclou el CDI, la destil·lació i el loop d'aigua destil·lada que estan situats en una altra part de la planta i no formen part d'aquest projecte.

Una de les bombes, la que toqui, és posa en marxa en automàtic sempre que el CDI necessita aigua i el nivell està per sobre el mínim. Aquest, és una senyal d'entrada del PLC procedent del mòdul CDI del segon procés de tractament d'aigües.

En manual la bomba que treballa és pot posar en marxa o no a través de la pantalla tàctil.

És important comentar que la bomba impulsa també l'aigua osmotitzada de retorn al dipòsit 3. Això es fa per dos motius:

El primer és que el CDI no pot rebre una pressió superior a 2.5 bars, per tant, graduant les vàlvules manuals dels tubs de retorn es pot aconseguir la pressió necessària de treball del CDI.

El segon motiu, i que també explica el perquè no s'ha optat per posar un variador de freqüència, és perquè aquesta aigua osmotitzada no porta clor i per tant, per evitar contaminació, és necessari que estigui sempre en moviment. Per tant, en automàtic la bomba es queda en marxa si el CDI para però el dipòsit té aigua.

Cal esmentar que en l'annex I d'aquesta memòria, on hi ha els esquemes de la instal·lació, es pot veure amb facilitat tot el que s'ha explicat fins ara sobre el funcionament actual i la nova solució proposada.

4. DISSENY DEL PROJECTE

En aquest capítol s'especifica el camí a seguir a l'hora de fer el disseny de la instal·lació.

En primer lloc, es parteix dels els diagrames P&ID on queda especificat clarament quins són els equips que s'han de controlar i de quina instrumentació es disposa per fer correctament aquest control i enviar informació cap al controlador.

A partir d'aquí, quines eines s'han utilitzat per dibuixar els esquemes elèctrics del quadre de control que ens permeten llistar tots els components de l'armari.

Aquesta llista juntament amb la llista d'actuadors i d'instrumentació es la que s'utilitza al final per fer el pressupost del material de la instal·lació.

4.1. Disseny dels diagrames P&ID

Els diagrames P&ID (Piping and instrumentation diagram) són esquemes on es mostren els tubs i canonades del procés així com tots els components i la instrumentació associada a la instal·lació.

Amb els diagrames P&ID es poden veure les associacions entre la instrumentació i els elements que controlen el procés així com tots els llaços de regulació

Aquest tipus de diagrama s'utilitza molt en el disseny d'instal·lacions en plantes químiques, refineries, plantes de gas natural o plantes de tractament d'aigua.

En el cas d'aquest projecte s'agafa com a normativa per a la simbologia i la representació en el diagrama la norma DIN 19227 part 1.

Per a aquesta instal·lació es mostren tres diagrames P&ID que representen el següent (veure annex I):

- Diagrama P&ID Tractament d'aigües. Situació actual: Mostra la instal·lació tal i com està inicialment.
- Diagrama P&ID Tractament d'aigües. Nova solució: Mostra el diagrama de la nova instal·lació
- Diagrama P&ID Tractament d'aigües. Canvis estructurals: Mostra el diagrama dels canvis estructurals per arribar a la nova solució.

Per dibuixar els diagrames s'ha utilitzat el programa Autocad 2007 que és un programa de CAD (disseny assistit per ordinador). Les llibreries dels P&ID's han estat creades per l'oficina tècnica de Fresenius Kabi.

4.2. Disseny dels esquemes elèctrics

Per a dibuixar els esquemes elèctrics del quadre de control s'ha utilitzat un programa de disseny gràfic especialitzat en diagrames elèctrics.

En aquest cas, s'ha utilitzat EPLAN, que és un programa molt potent de CAD especialitzat en disseny elèctric que disposa de llibreries de components elèctrics, instrumentació i pneumàtica entre d'altres.



Fig.4.1 Logotip Eplan.

A partir dels diagrames P&ID s'han dibuixat els esquemes elèctrics del nou quadre de control de la instal·lació amb la numeració corresponent dels fils, les bornes i els components de l'armari.

A la carpeta esquemes elèctrics de l'annex III es mostren els esquemes elèctrics de la instal·lació del tractament d'aigües on es poden apreciar tots els elements que hi ha a l'armari, els actuadors i la instrumentació necessària així com la seva connexió elèctrica i la seva numeració.

4.3. Components de la instal·lació

Els components de la instal·lació es poden englobar en diversos grups segons la seva finalitat.

Quan parlem d'automatització d'un procés industrial, els components de la instal·lació es poden agrupar de la manera següent:

- Elements actuadors.
- Elements d'instrumentació

- Components de l'armari elèctric.
- Elements de control i interacció amb l'usuari

A continuació es descriu mínimament la finalitat de cada grup i es llisten els principals components.

4.3.1. Actuadors

Els actuadors són els elements que provoquen un efecte sobre un procés automatitzat. Aquests poden ser elements pneumàtics o hidràulics com per exemple cilindres pneumàtics. Altres actuadors poden ser vàlvules pneumàtiques o motoritzades, bombes, o elements com resistències calefactores.

En aquesta instal·lació els actuadors més comuns que hi trobarem seran bombes, electrovàlvules i vàlvules motoritzades.

A continuació, a la pàgina següent, es llisten els actuadors de la instal·lació. En gris es mostren els actuadors que són nous en el procés.

CODI P&ID	ELEMENT	Voltatge (V)	Intensitat (A)	Potència(W)
B/01	Bomba pou Laboratori	380	4,56	3000
B/02	Bomba 1 entrada silex	380	8,36	5500
B/03	Bomba 2 entrada silex	380	8,36	5500
B/04	Bomba 1 grup de pressió	380	3,34	2200
B/05	Bomba 2 grup de pressió	380	3,34	2200
B/06	Bomba 1 dipòsit 2 a RO	380	6,08	4000
B/07	Bomba 2 dipòsit 2 a RO	380	6,08	4000
B/09	Bomba 1 dipòsit 3 a CDI	380	4,56	3000
B/10	Bomba 2 dipòsit 3 a CDI	380	4,56	3000
B/11	Bomba neteja RO	220	7,95	1750
EV/01	Electrovàlvula entrada 1 Pou Vidal i Barraquer	220	0,05	12
EV/02	Electrovàlvula entrada 2 Xarxa Can Robinat	220	0,05	12
EV/03	Electrovàlvula entrada 3 Pou Can Robinat	220	0,05	12
EV/04	Electrovàlvula entrada 4 Xarxa Camí de Mataró	220	0,05	12
EV/05	Electrovàlvula entrada 5 Pou Laboratori	220	0,05	12
EV/06	Electrovàlvula entrada 6 Reserva	220	0,05	12
EV/07	Electrovàlvula entrada 7 Reserva	220	0,05	12
V3V/01	Vàlvula 3 vies de sortida de la RO	220	0,18	40
V3V/02	Vàlvula 3 vies de recuperació autoclaus A5 i 6	220	0,18	40
V3V/03	Vàlvula 3 vies de recuperació autoclaus Sidein	220	0,18	40
BI/01	Bomba d'injecció de clor al dipòsit 1	220	0,23	50
BI/02	Bomba d'injecció de bisulfit entrada RO	220	0,23	50
BI/03	Bomba d'injecció de sosa entrada RO	220	0,23	50
BI/04	Bomba d'injecció de clor al dipòsit 2	220	0,23	50
VD/01	Vàlvula motoritzada de sortida del descalcificador 1	220	0,18	40
VD/02	Vàlvula motoritzada de sortida del descalcificador 2	220	0,18	40
VD/03	Vàlvula motoritzada de sortida del descalcificador 3	220	0,18	40
VRO/01	Vàlvula motoritzada d'entrada a la RO	220	0,18	40
RES/01	Resistències de la RO	220	3,64	800
DS/01	Descalcificador 1	220	0,68	150
DS/02	Descalcificador 2	220	0,68	150
DS/03	Descalcificador 3	220	0,68	150

Taula 4.1 Llistat d'actuadors

Els valors de tensió, intensitat i potència associats als actuadors a dalt llistats ens serveixen per al càlcul i el dimensionat dels elements de l'armari de control.

4.3.2. Instrumentació

S'entén com a instrumentació els dispositius normalment electrònics que es col·loquen en un procés per tal d'extreure'n informació procedent de variables físiques o químiques a partir de les quals es realitza la monitorització i el control del procés.

En aquesta instal·lació els elements d'instrumentació analògica més importants que hi trobarem són cabalímetres i transductors de pressió que envien una senyal 4-20 mA al PLC per tal de controlar el procés.

A la taula següent es llista la instrumentació de la instal·lació i en gris la instrumentació nova.

A part, també s'inclouen senyals que no són instrumentació analògica, sinó senyals digitals però que també controlen el procés.

CODI P&ID	ELEMENT	Sortida cap a PLC	Model	Proveïdor
FT/1	Cabalímetre entrada 1 Pou Vidal i Barraquer	4-20mA	Signet 2537	GF
FT/2	Cabalímetre entrada 2 Xarxa can Robinat	4-20mA	Signet 2537	GF
FT/3	Cabalímetre entrada 3 Pou can Robinat	4-20mA	Signet 2537	GF
FT/4	Cabalímetre entrada 4 Xarxa Camí de Mataró	4-20mA	Signet 2537	GF
FT/5	Cabalímetre entrada 5 Pou Laboratori	4-20mA	Signet 2537	GF
FT/6	Cabalímetre entrada 6 Reserva	4-20mA	Signet 2537	GF
FT/7	Cabalímetre entrada 7 Reserva	4-20mA	Signet 2537	GF
FT/8	Cabalímetre osmosis	4-20mA	Signet 2537	GF
LT/1	Transductor de pressió nivell dipòsit 1	4-20mA	TPR18 0-1 bar	Desin
PG/1	Manòmetre de pressió nivell visual dipòsit 1			
LT/2	Transductor de pressió nivell dipòsit 2	4-20mA	TPR18 0-1 bar	Desin
PG/2	Manòmetre de pressió nivell visual dipòsit 2			
LT/3	Transductor de pressió nivell dipòsit 3	4-20mA	TPR18 0-1 bar	Desin
PG/3	Manòmetre de pressió nivell visual dipòsit 3			
LT/4	Transductor de pressió nivell dipòsit 4	4-20mA	TPR18 0-0,6	Desin
Entrades digitals del procés				
ES/1	Senyal de regeneració del Descalcificador 1	Contacte		
ES/2	Senyal de regeneració del Descalcificador 2	Contacte		
ES/3	Senyal de regeneració del Descalcificador 3	Contacte		
ES/4	Senyal de VD/1 oberta	Contacte		
ES/5	Senyal de VD/1 tancada	Contacte		
ES/6	Senyal de VD/2 oberta	Contacte		
ES/7	Senyal de VD/2 tancada	Contacte		
ES/8	Senyal de VD/3 oberta	Contacte		
ES/9	Senyal de VD/3 tancada	Contacte		
ES/10	Senyal de osmosis en stand by	Contacte		

Taula 4.2. Instrumentació i senyals de control del procés.

4.3.3. Components de l'armari elèctric i càlcul de les proteccions.

A l'armari de control hi trobem tots els elements de control i protecció necessaris per al funcionament dels actuadors i de la instrumentació. A part, en el quadre elèctric també hi ha el PLC i la pantalla tàctil amb les especificacions detallades en el punt 4.3.4

En els punts següents es detallen els components més importants del quadre de control amb els càlculs necessaris per dimensionar elèctricament la instal·lació.

4.3.3.1 Maniobra 24 Vcc (Font d'alimentació)

Tal i com es pot apreciar als esquemes elèctrics de l'annex III d'aquesta memòria s'ha col·locat una font d'alimentació 220/24 Vdc que s'utilitza per la maniobra dels dispositius instal·lats al quadre com les cartes d'entrada i sortida del PLC i l'alimentació de la pantalla tàctil.

A la següent taula es mostra el càlcul per al dimensionat de la font.

Concepte	Voltatge (V)	Intensitat (A)	Potència (W)
Pantalla tàctil	24	0,63	15
Instrumentació analògica (entrades 4-20mA)	24	0,32	7,68
Relés i contactors (sortides digitals)	24	8,00	192
Entrades digitals	24	1,12	26,88
	TOTAL	10,07	241,56

Taula 4.3 Càlcul de la font d'alimentació.

Per tant, la font d'alimentació 24 Vdc triada pel quadre de control és de 15 A i 300W . Com es veu, és una mica més gran degut al sobre dimensionat de la instal·lació per possibles ampliacions en un futur.

4.3.3.2 Maniobra 220 Vac (Transformador monofàsic)

La seva finalitat es separar galvànicaament la instal·lació de la maniobra 220 Vac.

A la següent taula es mostren els elements que pengen del transformador amb els paràmetres elèctrics sumats per tal de dimensionar l'aparell.

Concepte	Voltatge (V)	Intensitat (A)	Potència (W)
PLC (Font PA202)	220	0,40	14
Bombes injecció productes químics	220	0,91	200
Vàlvules 3 vies i VRO	220	0,73	160
Electrovàlvules entrades aigua	220	0,38	84
Descalcificadors		2,59	570
	TOTAL	5,01	1102,2

Taula 4.4 Càlcul del transformador.

S'escull un transformador comú al mercat de 25Va i 380/220 Vac.

4.3.3.3 Potència 380 Vac.

Els elements de potència són els que en definitiva marquen la dimensió de la instal·lació i de les seves proteccions. En aquest projecte, aquests són els motors de les bombes que impulsen l'aigua de la instal·lació.

Cal remarcar que les bombes estan doblades per temes de fiabilitat de la instal·lació i per tant no es pot contar que totes les bombes funcionen en el mateix moment. A part, no s'ha tingut en compte el $\cos \alpha$.

A continuació es mostra la taula resum dels elements de potència.

Concepte	Voltatge (V)	Intensitat (A)	Potència (W)
Bomba B/01	380	4,56	3000
Bomba B/02 i B/03	380	8,36	5500
Bomba B/04 i B/05	380	3,34	2200
Bomba B/06i B/07	380	6,08	4000
Bomba B/09 i B/10	380	4,56	3000
Bomba B/11	220	7,95	1750
Resistències RES/01	220	3,64	800
	TOTAL	38,48	20250

Taula 4.5 Taula d'elements de potència.

4.3.3.4 Proteccions generals.

Són les proteccions generals de l'entrada del quadre de control i per tant ens marca el dimensionat elèctric de la instal·lació així com la secció dels cables elèctrics que alimenten l'armari elèctric.

En aquest cas, preveient ampliacions futures s'escull un diferencial de 63 Ampers i un ICP (interruptor de control de potència) també de 63 ampers i corba lenta.

4.3.3.5 Contactors i disjuntors magneto tèrmics.

Els contactors són els encarregats de les maniobres dels elements de potència. De fet són relés especials per maniobres amb motors. Les bobines dels contactors d'aquest quadre de control són de 24 Vcc.

Els disjuntors magneto tèrmics són dispositius de protecció capaços de interrompre el corrent elèctric quan aquest sobrepassa certs valors. En aquest cas, aquests dispositius són guarda motors, que són dispositius com els anteriors però especialment dissenyats per motors elèctrics.

La característica que els diferencia és que el guarda motor té una corba de disparo que el fa més robust en front a les sobreintensitats transitòries típiques quan un motor arranca.

4.3.3.6 Relés

Són els elements per controlar els actuadors de la instal·lació. A partir d'una tensió petita que alimenta una bobina el controlador pot actuar un element que funciona amb una tensió i intensitat més elevada mitjançant els contactes normalment oberts (NO) i normalment tancats (NC) del relé.

Per a l'armari elèctric s'han previst relés amb bobina de 24 Vcc.

4.3.3.7 Bornes i numeració

En aquest projecte s'ha utilitzat la següent numeració corresponent a la normativa DIN i que fa servir automàticament el programa de disseny elèctric Eplan.

Per al cablejat de l'armari els cables es numeren punt a punt amb els dos primers dígitos corresponent a la pagina del circuit elèctric dels esquemes. Això és molt útil i facilita les coses en cas de buscar un determinat circuit.

Els dos primers dígitos dels elements de l'armari també comencen igual al número de pàgina dels esquemes on es troben.

Els diferents borners del quadre estan numerats començant per la lletra X i el número de borna.

Exemple: Borner nº 1 bornes 1 i 2: X1:1, X1:2

 Borner nº2 borna 1: X2:1

Els multi cables que surten de l'armari cap a camp comencen per la lletra W i el número o nom del cable multifilar.

4.3.4. Elements de control i interacció amb l'operari

A l'armari de control també hi trobarem els elements de control i d'interacció amb l'usuari. En aquest cas, el control es fa a través d'un PLC i la interacció amb l'exterior, amb una pantalla tàctil empotrada al quadre de control.

A continuació es detallen les característiques d'aquests dos elements.

4.3.4.1 El PLC i els seus mòduls.

Ja des de fa anys la planta de Fresenius Kabi a Vilassar de Dalt ha optat per la marca Omron per al control de les seves màquines i instal·lacions. També cal remarcar que el personal de manteniment així com el d'oficina tècnica tenen, com és el meu cas, experiència en la programació de PLC's d'aquesta marca.

Per tant el PLC triat per a controlar aquest sistema és el model CJUM-CPU11-ETN de la marca Omron. A continuació es detallen algunes característiques importants del PLC escollit.

- Port Ethernet 100Base-Tx
- 5Kpasos de capacitat de programa i 32 Kwords de capacitat de memòria de dades.
- 100 ns de velocitat d'execució.
- 9 unitats d'E/S com a màxim.



Fig.4.2 CJUM-CPU11-ETN.

La font d'alimentació del PLC és el model CJUW-PA202 de Omron. És una de les més senzilles ja que no és la que s'utilitza per a l'alimentació de les entrades i sortides.

Per a les entrades i sortides s'han previst dues cartes d'entrades de 16 entrades digitals 24 Vcc, dues cartes de 16 sortides digitals de 24Vcc PNP i dues cartes més de 8 sortides analògiques i resolució 1/8.000.

A continuació es llisten els models comentats.

- Entrades digitals: CJ1W-ID211
- Sortides digitals: CJ1W-OD212
- Entrades analògiques: CJ1W-AD081-V1

4.3.4.2 La Pantalla tàctil.

Es tracta d'una pantalla tàctil de la marca Omron preparada per a ser empotrada a l'armari de control. Les característiques més importants d'aquest model són:

- TFT de 5'7" , 320 x 240 píxels i fins a 32.768 colors.
- USB per a la càrrega de programes.
- Port ethernet.
- 20 Mb ce capacitat de dades.
- USB per a la càrrega de programes.



Fig.4.3 Pantalla NS5-TQ00-V2

5. EL PROGRAMA DEL PLC I DE LA PANTALLA TÀCTIL

Fins aquí, tot el que s'ha vist en aquest projecte, són les especificacions tècniques que ha de tenir la instal·lació i amb aquestes, quins passos s'han de seguir per tal d'agafar tots els actuadors i instrumentació necessària per al funcionament i connectar-ho tot elèctricament amb l'armari, el PLC i la pantalla tàctil.

Un cop fet això, la feina que queda és la programació del PLC i la pantalla tàctil així com totes les proves per fer la posta en marxa de la instal·lació.

En aquest apartat es mostra com i amb quines eines està dissenyat el programa del PLC, quines són les entrades i sortides d'aquest i els Grafcets de les parts seqüencials del programa.

També es mostra amb quines eines està dissenyat el programa de la pantalla tàctil així com quines són les pantalles que permeten a l'usuari comunicar-se amb el procés i el procés amb l'usuari.

5.1. Disseny del programa del PLC

Tal i com s'ha especificat en l'apartat 4.3.4 d'aquest mateix projecte, el PLC és de la marca Omron. Aquesta marca disposa d'una plataforma software anomenada CX-ONE que permet elaborar, configurar i programar diferents tipus de dispositius tals com PLC's, pantalles tàctils, variadors, xarxes i sensors des d'una mateixa plataforma.



Fig.5.1 CX-ONE d'Omron.

De fet la plataforma CX-ONE de Omron engloba tots els programes necessaris per programar tots els dispositius de Omron.

Com a exemple, alguns d'aquests programes són:

- CX Programmer: Per a la programació dels PLC's
- CX Designer: Per a la programació de les pantalles tàctils.
- CX Simulator: Per a la depuració i simulació de programes de PLC
- CX Drive: Per a la configuració dels variadors de velocitat.

Per a dur a terme la programació del PLC Omron d'aquest projecte s'ha utilitzat el programa CX Programmer de la plataforma CX-ONE de Omron.



Fig.5.2 CX-Programmer d'Omron

5.1.1. Estructura del programa del PLC

El programa s'ha efectuat mitjançant llenguatge de contactes o ladder que consisteix en un llenguatge gràfic de programació de PLC's basat en els esquemes elèctrics de control i que simula el pas del corrent a través d'entrades, sortides i marques internes.

El programa s'ha estructurat en diferents seccions on cada una conté una part de programa corresponent a una part de la instal·lació.

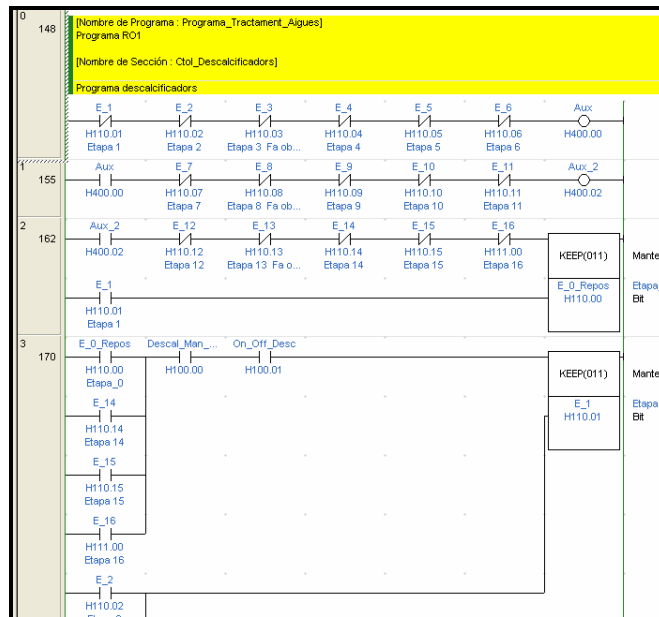


Fig.5.3 Seccions del programa i exemple de programació amb contactes.

Per a les seccions on el programa no és seqüencial la programació s'ha efectuat només relacionant les condicions d'entrada amb les de sortida.

A les seccions on el programa és seqüencial s'ha programat utilitzant el disseny de diagrames Grafcet de primer i segon ordre.

5.1.2. Les seccions del programa

El programa del PLC està estructurat en seccions on totes formen part del programa que executa la CPU. A cada secció hi ha el tros de programa corresponent a les diferents parts de la instal·lació.

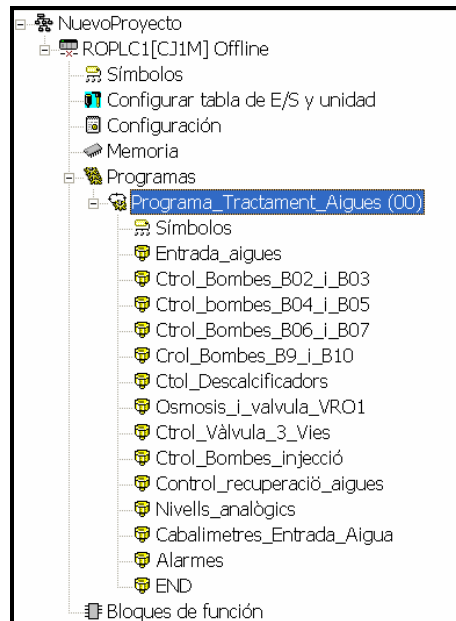


Fig.5.4 Seccions del programa.

A continuació s'expliquen les operacions més importants que hi ha programades a les diverses seccions per tal que el funcionament de la instal·lació s'adapti al funcionament que es demana als apartats de requeriments d'aquesta memòria.

5.1.2.1 Entrada d'aigües.

En aquesta secció es programen les condicions de les electrovàlvules de totes les entrades d'aigua al sistema.

Depenent del nivell del dipòsit 1 i la discriminació de nivells d'entrada que l'operari fa per pantalla el PLC permet que les electrovàlvules d'entrada obrin o tanquin.

En aquesta secció també hi ha el control de la bomba del Pou Laboratori (B/01) que és la única bomba de tots els pous que es comanda des d'aquest control.

5.1.2.2 Control bombes B/02 i B/03

En automàtic cada parella de bombes mai pot treballar al mateix temps, el funcionament de cada bomba es va alternant cada x temps (configuració per programa).

Hi ha la possibilitat de treballar només amb una bomba i també en automàtic fet que es configura per pantalla.

També hi ha la possibilitat d'engegar les bombes en manual.

Cal remarcar que en automàtic, aquestes bombes es paren si el dipòsit 2 arriba al nivell màxim i s'engeguen quan el dipòsit 2 baixa del nivell mínim.

5.1.2.3 Control bombes B/04 i B/05

Aquest grup de bombes funciona alternativament tal i com s'ha comentat en el punt anterior. En aquest cas el control i la prioritat de la parada i la marxa el té el mateix grup de pressió amb els seus pressòstats. Les sortides del PLC no són prioritàries.

5.1.2.4 Control bombes B/06 i B/07

El funcionament alternatiu en automàtic i el funcionament en manual ,es igual que el de les altres bombes.

Aquestes bombes es posen en marxa quan la osmosi s'engega i es paren quan la osmosi es para.

5.1.2.5 Control bombes B/09 i B/010

El funcionament alternatiu en automàtic i el funcionament en manual és igual que el de les altres bombes.

En automàtic aquestes bombes es posen en marxa quan el CDI necessita aigua i el dipòsit 3 té aigua.

5.1.2.6 Control descalcificadors

El programa dels descalcificadors és seqüencial i per tant s'ha dissenyat un Grafcet que permet a l'operador i a la instal·lació funcionar en automàtic o en manual amb, una, dues, o tres columnes tal i com es comenta al punt 3.2.2.3 d'aquesta memòria.

A continuació es mostra el Grafcet (Gràfica de control d'etapes de transició) d'aquesta secció.

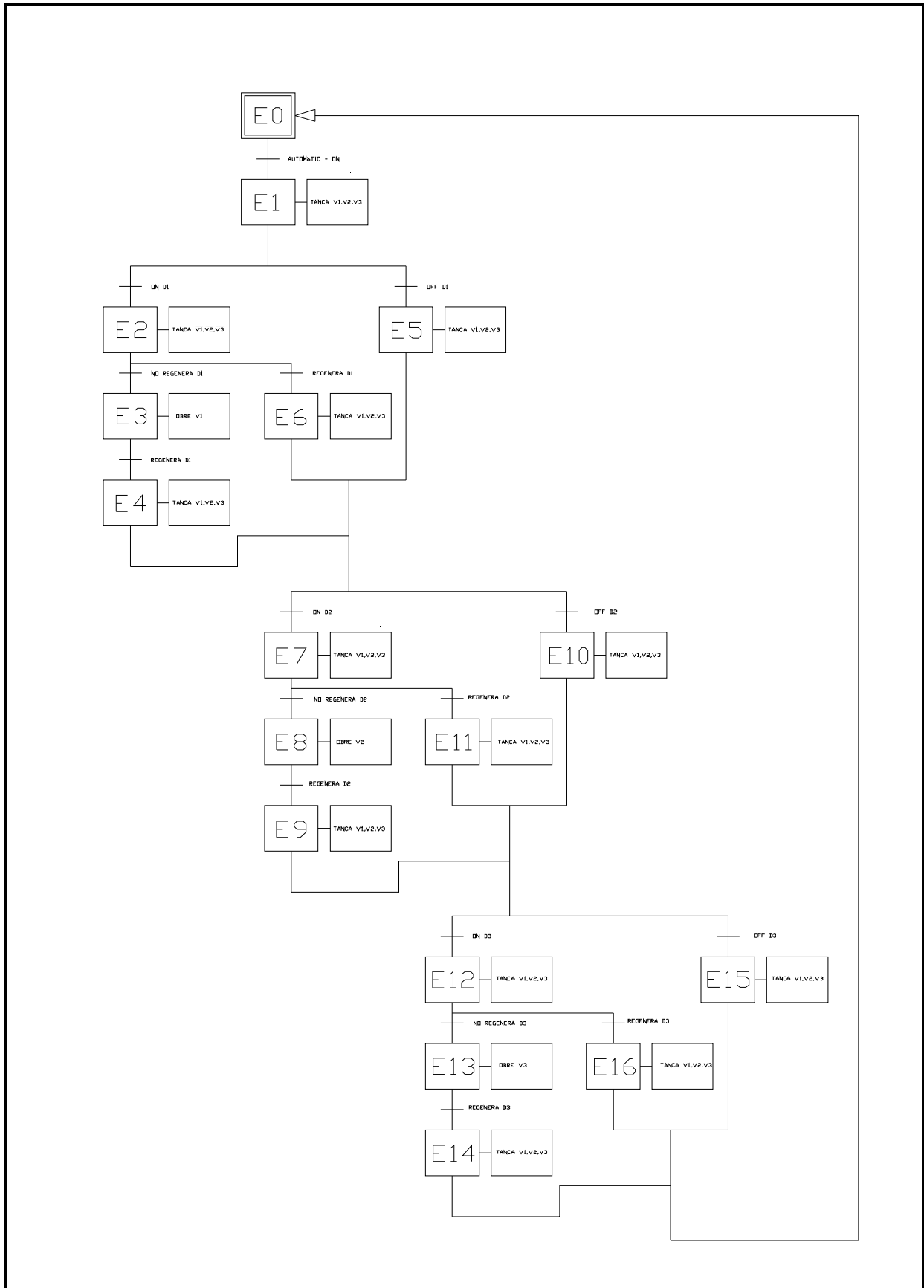


Fig.5.5 Grafset de primer nivell del programa dels descalcificadors.

5.1.2.7 Osmosi i vàlvula VRO/1

El programa només controla la parada i l'engegada de la osmosi i de la vàlvula V/RO d'entrada.

En automàtic, la osmosi s'engega sempre que el dipòsit 3 necessita aigua i es para quan aquest ha arribat al seu nivell màxim (parada per estalvi).

El procediment d'engegada de la RO es seqüencial tal i com s'explica en els requeriments. Per tant també s'ha programat amb Grafcet.

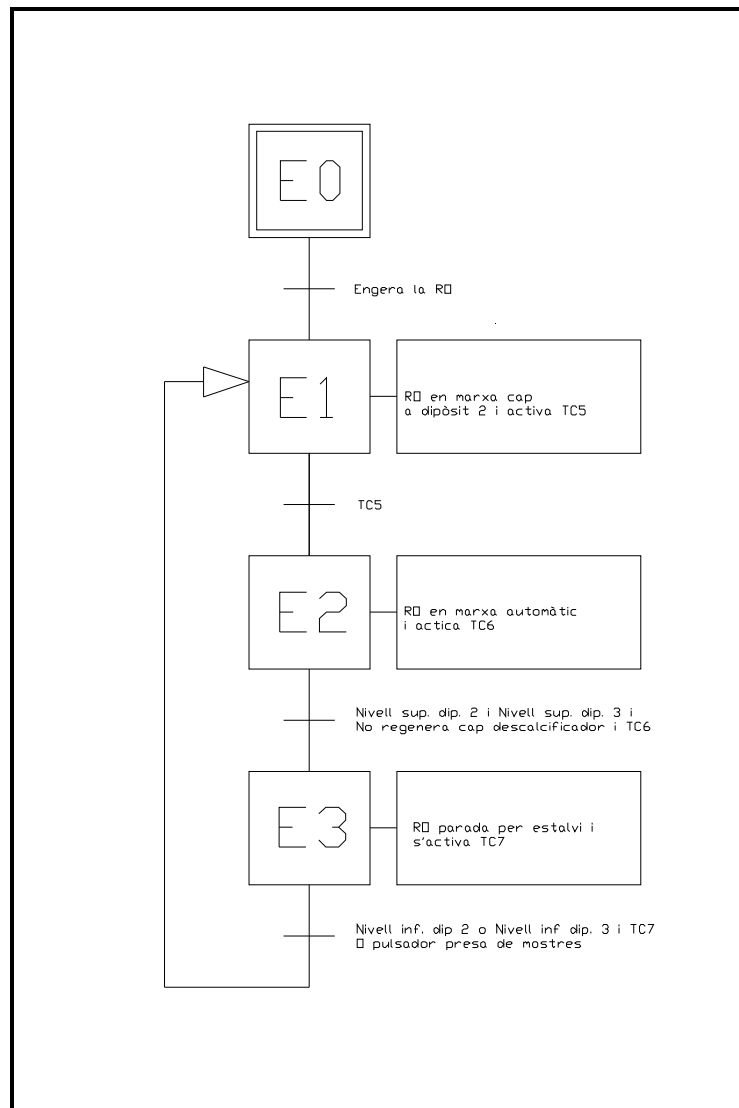


Fig.5.6 Grafcet engegada de la osmosi

En aquesta secció també hi ha les funcions per contar el temps d'osmosi parada per estalvi.

5.1.2.8 Control vàlvula 3 vies

En aquesta secció hi ha la part de programa que gestiona la vàlvula 3 vies.

La vàlvula V3V/01 envia aigua direcció al dipòsit 3 i canvia cap a la direcció del dipòsit 2 quan el dipòsit 3 està ple i la osmosi no es pot parar degut a que hi ha una columna regenerant.

5.1.2.9 Control bombes injecció

La BI/01 es posa en marxa sempre que entra aigua al dipòsit 1.

La BI/02 i BI/03 es posen en marxa quan la osmosi funciona.

La BI/04 es posa en marxa quan les bombes d'entrada al sílex també es posen en marxa.

L'operador pot posar-les en marxa en manual.

5.1.2.10 Control de recuperació aigües

Les vàlvules 3 vies de recuperació d'aigües, canvien cap a dipòsit 1 quan aquest no és a nivell alt, i giren cap a desaigua quan el dipòsit 1 és ple.

L'operador pot seleccionar la direcció en manual a través de la pantalla.

5.1.2.11 Nivells analògics

Part del programa on es gestionen les entrades analògiques dels nivells dels dipòsit juntament amb les funcions de definició dels nivells màxim, mínim i de seguretat.

5.1.2.12 Cabalímetres entrades aigua

Part del programa que gestiona les entrades analògiques dels cabalímetres.

5.1.2.13 Alarmes.

Secció del programa en que es defineixen les condicions de les alarmes que l'operari rep a través de la pantalla tàctil.

5.2. El programa scada

El programa Scada és el que s'instal·la a la pantalla tàctil i és el que proporciona la comunicació amb els dispositius de camp de la instal·lació i tenir accés al control. També és l'encarregat d'aportar dades i informació que genera el procés.

De fet l'Scada, és la interfície entre l'home i la màquina des del punt de vista de producció qualitat o fins hi tot manteniment.

En el projecte s'ha utilitzat el software CX-Designer de la marca Omron que és el programa que s'utilitza per a les aplicacions amb les pantalles i terminals tàctils de Omron.



Fig.5.7 CX-Designer d'Omron

5.2.1. Tags

Els tags són elements que estan associats a àrees de memòria del PLC o de la mateixa pantalla tàctil i que reben un nom. D'aquesta manera, la programació esdevé més fàcil per al programador ja que treballa amb noms i no amb direccions i àrees de memòria.

En aquest projecte s'utilitzen els tags que fan referència a àrees d'entrada i sortida del PLC i tags que fan referència a àrees de memòria interna del PLC com l'àrea HR (Holding Relay).

5.2.2. Pantalles i sinòptics

En l'aplicació s'han dissenyat vint pantalles tres de les quals es poden consultar sense contrasenya i la resta pertanyen a la configuració del sistema i per tant es necessari una contrasenya per entrar-hi.

Per moure's per les pantalles de l'aplicació s'han dissenyat els botons següents:

Pantalla endavant.



Pantalla enrere





S'utilitza per anar directe al menú principal.

A continuació es mostren les estructures generals de les pantalles i sinòptics dissenyats per a l'aplicació:

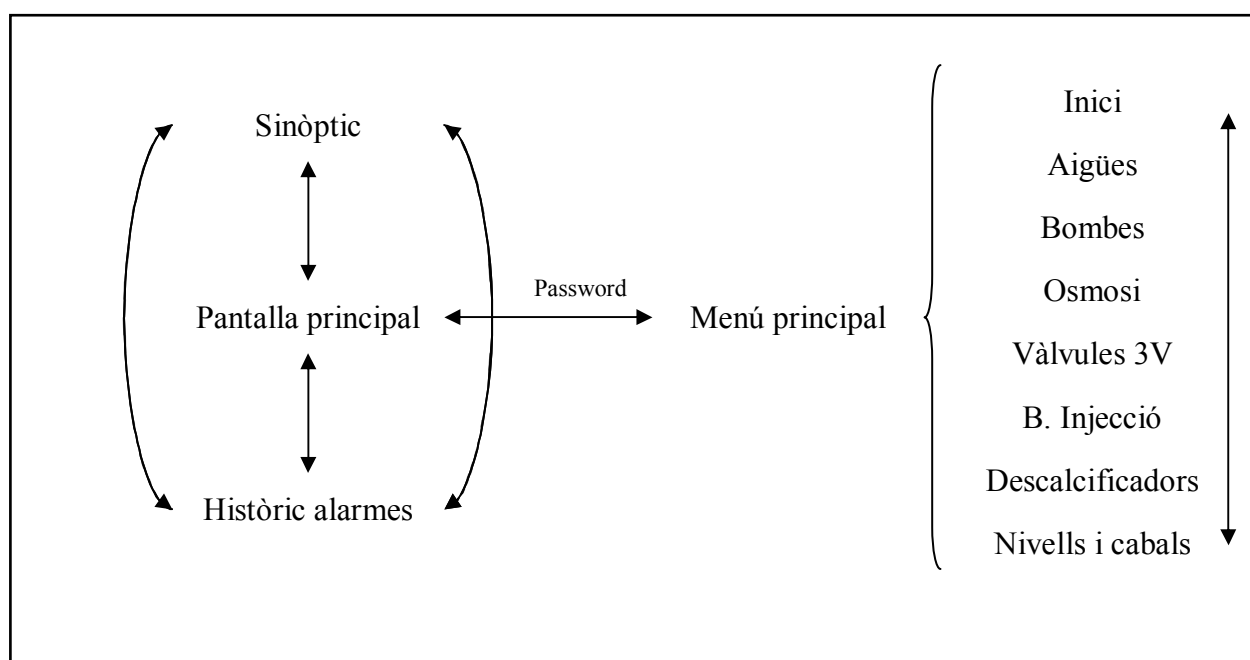


Fig.5.8 Estructura de les principals pantalles

5.2.2.1 Pantalla sinòptic

Aquesta és una de les tres pantalles principals de l'aplicació on es mostra el diagrama complet del tractament d'aigües amb tots els elements que hi intervenen.

Amb aquesta pantalla l'usuari rep la informació visual de les condicions actuals dels elements més importants de la instal·lació.

Els tags més importants que ens donen informació en aquesta pantalla són els següents:

- Estat de les vàlvules, vàlvules 3 vies i bombes.

- Estat dels nivells dels dipòsits
- Estat dels descalcificadors
- Estat de la osmosi i informació de si està parada en condicions d'estalvi.
- Estat de si les conduccions condueixen.

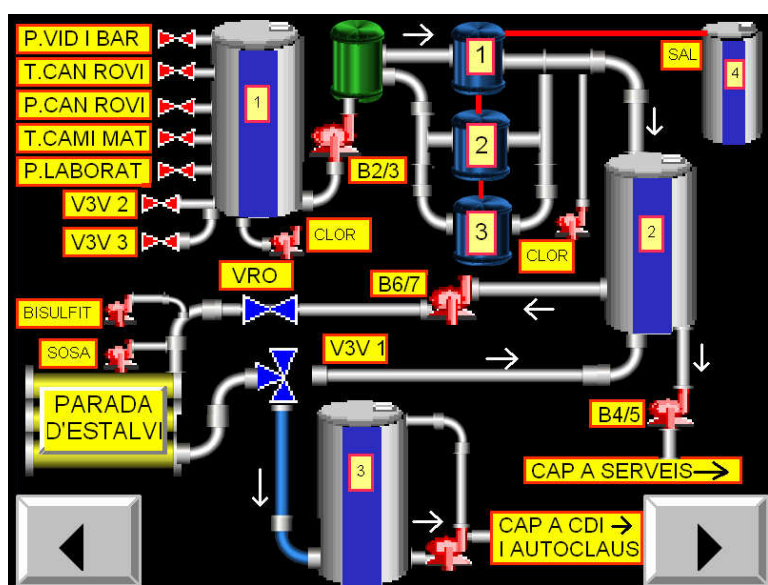


Fig.5.9 Pantalla sinòptic

A més cal remarcar que des d'aquesta pantalla l'usuari pot engegar la osmosi amb una contrasenya especial si aquesta es troba en condicions de parada per estalvi. Això és important en situacions en que el departament d'anàlisi vol agafar mostres dels diferents punts del sistema i la RO esta parada per estalvi d'aigua.

Normalment aquesta és la pantalla que per defecte es col·loca durant el funcionament normal.

5.2.2.2 Pantalla principal

Aquesta és la pantalla d'entrada al sistema. És la que s'utilitzarà per entrar al menú principal a través de contrasenya.

L'usuari entra al menú principal a través de la tecla menú principal i després de la contrasenya "BAR".



Fig.5.10 Pantalla principal d'entrada (amb alarma activada)

També és la pantalla que s'activa (entra sola) quan hi ha alguna alarma, la descripció de la qual, apareix en forma de text corredor en una finestra que també apareix automàticament al centre de la pantalla.

Un cop apareix alguna alarma el PLC envia una senyal al sistema d'alarmes general de la empresa Fresenius Kabi i aquest genera una trucada al mòbil d'alarmes del torn de manteniment. Quan l'operari de manteniment o producció arriba a la sala de tractament d'aigües, aquesta pantalla informa de quina és l'alarma que s'ha activat.

L'operari desactiva l'alarma (només el missatge) polsant sobre el text d'alarma de la pantalla i automàticament el sistema registra l'hora en que s'ha fet aquesta operació a l'històric d'alarmes situat en una altra pantalla.

5.2.2.3 Pantalla Històric alarmes

Es la última pantalla de les tres que es poden consultar sense contrasenya.

L'hora en que s'ha produït una alarma es registra a l'històric juntament amb l'hora en que s'ha desactivat el missatge, es a dir l'hora en que algú ha rebut la trucada i ha anat a comprovar el que passa desactivant el missatge d'alarma (només el missatge).

Per tant, en aquesta pantalla l'usuari pot consultar totes les alarmes que apareixen llistades i ordenades des de l'hora i la data més recent així com les hores (i per tant quan s'ha trigat en acudir) en que s'ha desactivat manualment l'alarma.

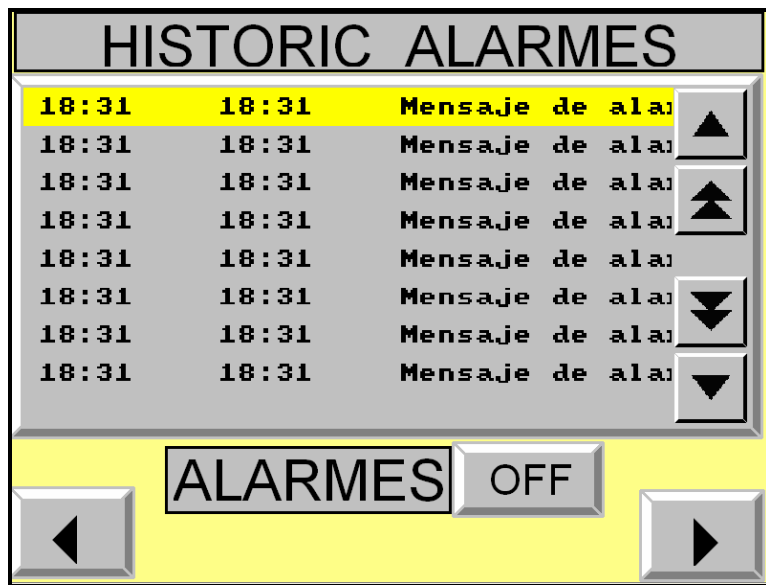


Fig.5.11 Pantalla històric d'alarmes.

L'usuari també pot desconnectar el sistema d'alarmes a través del polsador de dues posicions que para el sistema d'alarmes i les trucades al mòbil de manteniment. Això és important en moments en que es fa manteniment i es forcen certes variables que en condicions normals mai estan en aquella posició.

5.2.2.4 Pantalla menú principal

Des de la pantalla principal d'entrada i a través de contrasenya l'usuari pot accedir al menú principal que dona pas a la configuració de tot el sistema.



Fig. 5.12 Pantalla menú principal.

La tecla inici et retorna fora de la configuració, a la pantalla principal, havent de tornar a posar la contrasenya per tornar a entrar a la configuració general.

5.2.2.5 Pantalla aigües

El sistema disposa de dues pantalles per al control de l'entrada de les aigües.

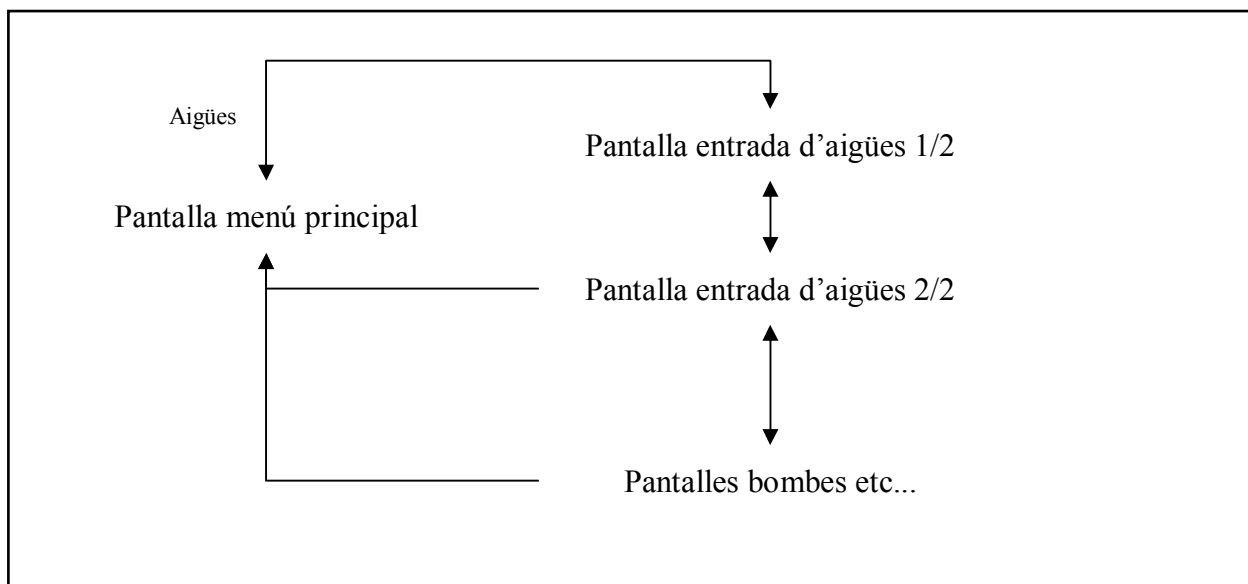


Fig. 5.13 Accés a les pantalles d'aigües des del menú principal.

A la pantalla d'aigües 1/2 hi ha la configuració per al funcionament de les vàlvules d'entrada EV/1 a EV4 és a dir, pou Vidal i Barraquer, xarxa Can Robinat, Pou Can Robinat i Ter camí de Mataró.

Els selectors 2 posicions en "AUTOMÀTIC" seleccionen que el control de la vàlvula el porta el PLC a través de les condicions programades amb el CX Programmer. En canvi, en posició "MANUAL" l'operari decideix si s'activa o no la sortida corresponent a través del polsador 2 posicions "ON/OFF"

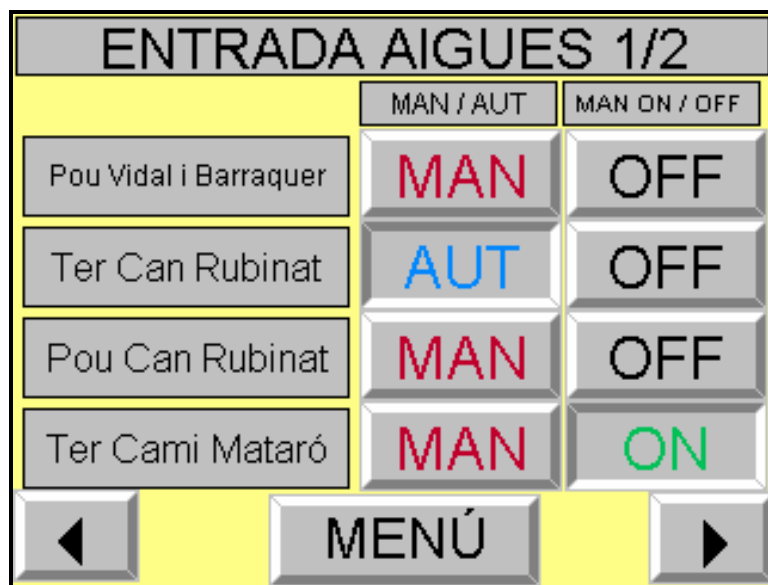


Fig. 5.14 Pantalla 1/2 de configuració d'entrada d'aigües.

La pantalla d'aigües 2/2 funciona exactament igual que la 1/2 i controla la configuració de la vàlvula EV/05 de l'aigua que arriba del Pou Laboratori i de les vàlvules EV/06 i EV/07 que es preveuen com a reserva per a futures ampliacions.



Fig. 5.15 Pantalla 2/2 de configuració d'entrada d'aigües.

5.2.2.6 Pantalla bombes

Des del menú principal es pot accedir directament a les dues pantalles de configuració de les bombes del sistema. A continuació es mostra l'arbre de menús per accedir-hi.

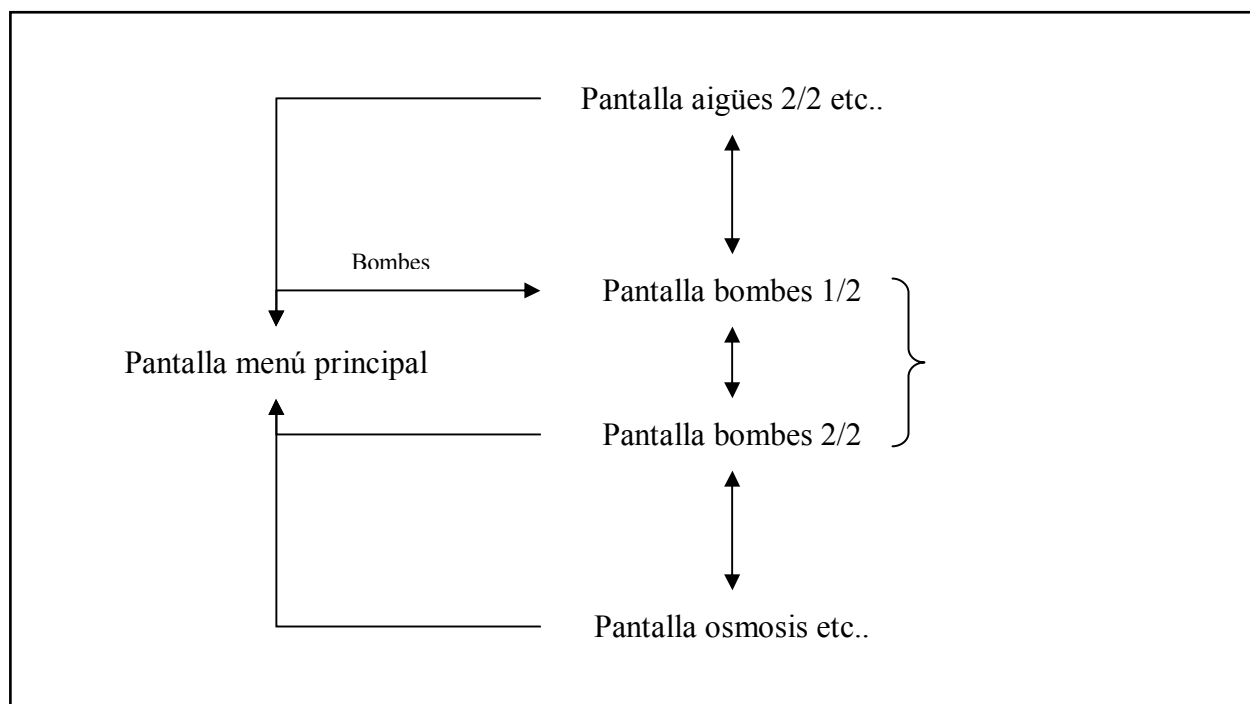


Fig.5.16 Accés a les pantalles de bombes.

El funcionament és molt semblant a la configuració de les aigües.

Els selectors 2 posicions en “AUTOMÀTIC” seleccionen que el control de la bomba el porta el PLC a través de les condicions programades. En canvi, en posició “MANUAL” l’operari decideix si s’activa o no la sortida de la bomba corresponent a través del pulsador 2 posicions “ON/OFF”.

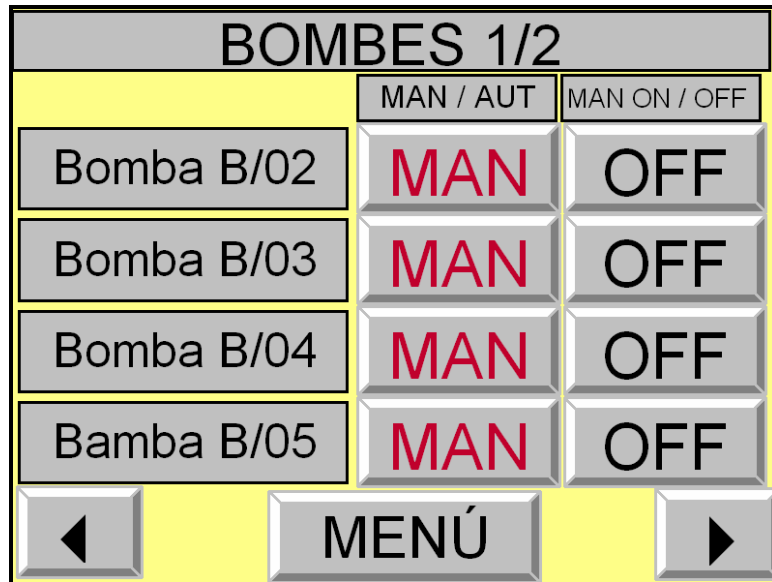


Fig.5.17 Pantalla 1/2 de configuració de les bombes.

La pantalla bombes 1/2 s'utilitza per a la configuració de les bombes B/02, B/03, B/04 i B/05. En canvi la pantalla bombes 2/2 serveix per configurar les bombes B/06 i B/07 i dues posicions de reserva per a futures ampliacions.

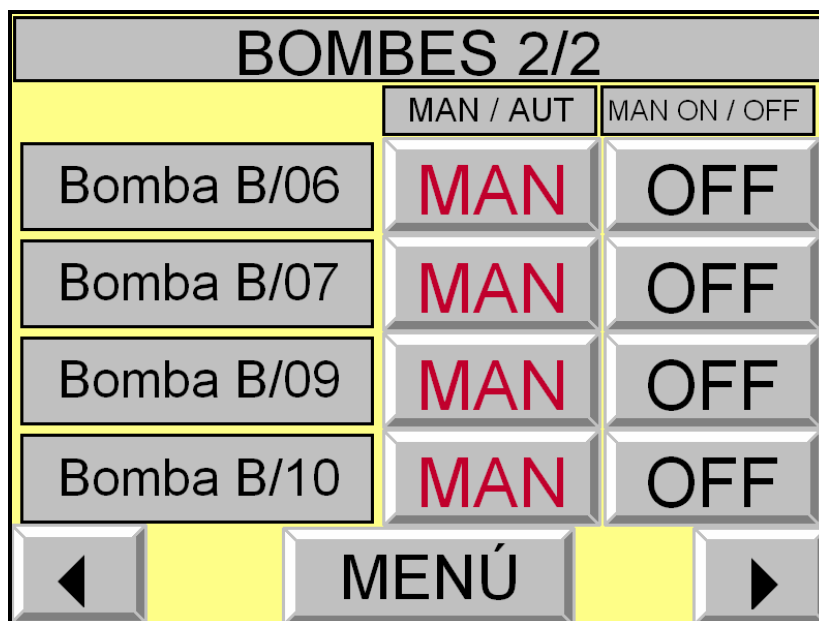


Fig.5.18 Pantalla de configuració de bombes 2/2.

5.2.2.7 Pantalles osmosi

Per a la configuració general del funcionament de la RO s'utilitza la pantalla Osmosi. Amb aquesta pantalla es configura el funcionament de la RO així com de la bomba i les resistències escalfen l'aigua per fer les neteges dels filtres després de parades de planta.

A continuació es mostra el camí a seguir per arribar i sortir de les pantalles de la osmosi des del menú principal.

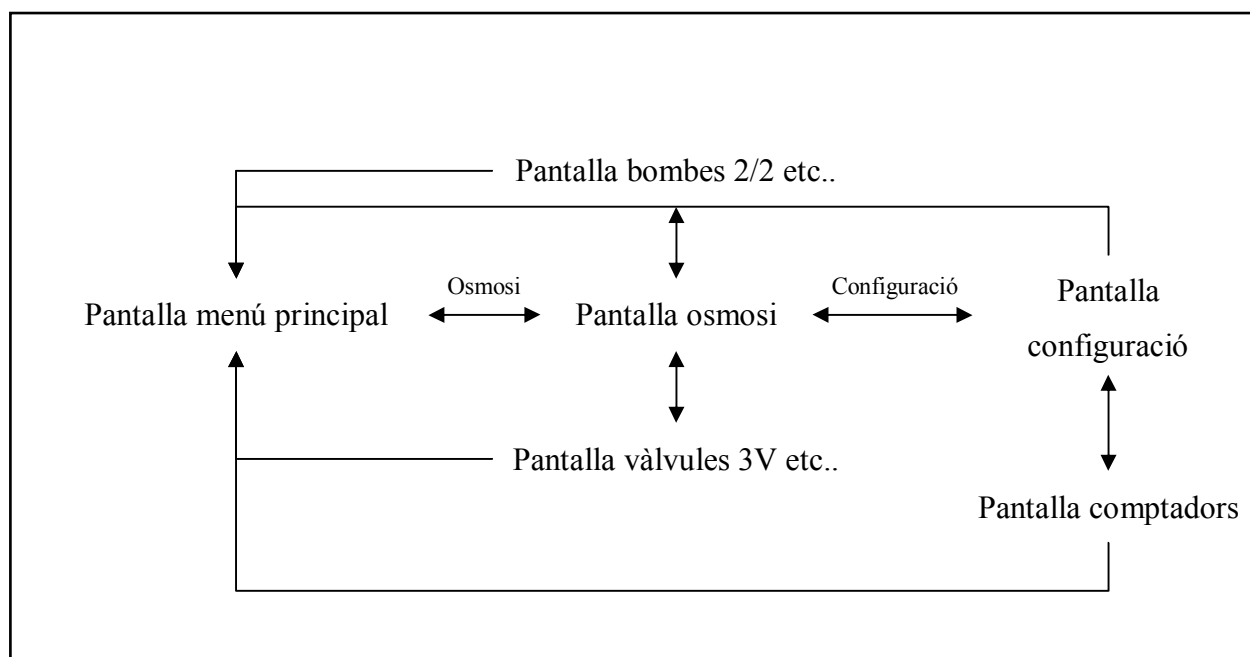


Fig.5.19 Accés a les pantalles de l' osmosi.

La pantalla per configurar la RO, les resistències i la bomba de neteja funciona exactament igual que les anteriors. En automàtic mana el PLC i en manual l'operador escull a través del selector 2 posicions "ON/OFF" si vol engegar o parar la sortida del PLC.

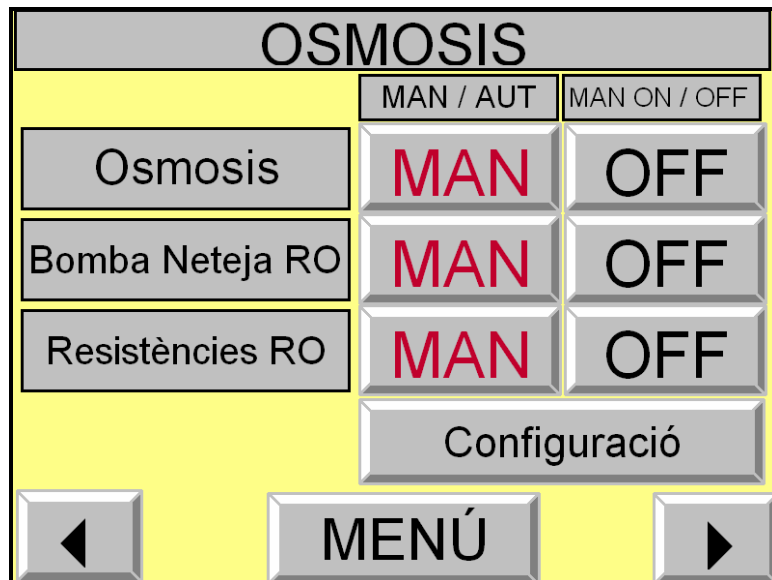


Fig.5.20 Pantalla osmosi.

El botó "CONFIGURACIÓ" ens porta a la pantalla configuració on es poden configurar els paràmetres i les condicions de la parada de la RO per estalvi. A continuació es mostra aquesta pantalla:

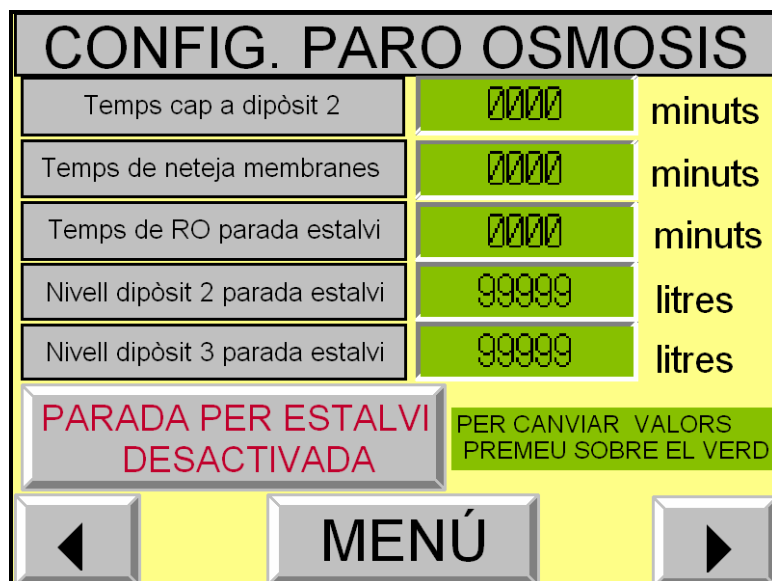


Fig.5.21 Pantalla de configuració dels paràmetres de paro per estalvi.

El programa del PLC i el programa Scada controlen la parada per estalvi i l'engegada de la osmosi de la manera següent:

- Sempre que la RO s'engega, hi ha un temps en que la vàlvula V3V/1 envia l'aigua cap al dipòsit 2 encara que el dipòsit 3 (que té prioritat) necessiti aigua. Això es perquè la primera aigua que treu l'osmosi després d'haver estat parada té més conductivitat i per tant és bo enviar-la durant un temps al dipòsit 2. Aquest temps es pot configurar entrant els minuts a la posició "TEMPS CAP A DIPÒSIT 2".
- La RO no pot estar parada molt de temps ja que les membranes de l'interior de la osmosi es podrien infectar. Per aquest motiu quan la osmosi està parada per estalvi i no canvien les condicions, el PLC engega la màquina cada cert temps per netejar les membranes durant uns minuts. Aquests temps es poden configurar a les posicions de "TEMPS DE RO PARADA PER ESTALVI" i "TEMPS DE NETEJA DE MEMBRANES".
- Els nivells dels dipòsit 2 i 3 que fan que el PLC pari la osmosi per estalvi es poden configurar a les posicions "NIVELL DIPÒSIT 2 o 3 PARADA ESTALVI".
- L'usuari pot desactivar o activar el procés de parada per estalvi a través del selector 2 posicions "PARADA PER ESTALVI DESACTIVADA/ACTIVADA".

Per tal de comptar el temps que la RO està parada per estalvi s'ha dissenyat la pantalla següent:



Fig.5.22 Pantalla de comptadors de temps de parada d'estalvi RO.

D'aquesta manera podem controlar la quantitat d'aigua estalviada al utilitzar la parada per estalvi de la RO.

5.2.2.8 Pantalla vàlvula 3V

La configuració del funcionament de les vàlvules 3 vies es fa des d'aquesta pantalla.

A continuació es mostra l'arbre de menús per accedir a la pantalla.

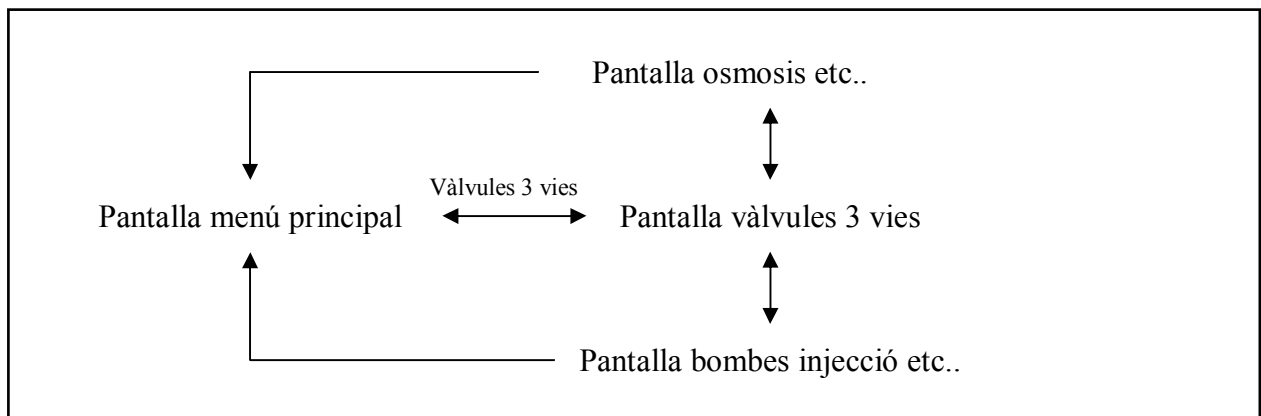


Fig.5.23 Accés a la pantalla vàlvula 3 vies des del menú principal.

En automàtic les vàlvules treballen segons les condicions programades al PLC i en manual l'usuari decideix cap a quina direcció dirigeixen el producte o l'aigua recuperada.

A continuació es mostra la pantalla de configuració de les vàlvules 3 vies.

VÀLVULES 3 VIES		
	MAN / AUT	DIRECCIÓ
Vàlvula V3V/01	MAN	150.000
Vàlvula V3V/02 (A5A6)	MAN	Desaigüe
Vàlvula V3V/03 (Sidein)	MAN	Desaigüe

◀
MENÚ
▶

Fig. 5.24 Pantalla de configuració de les vàlvules 3 vies.

5.2.2.9 Pantalla B. Injecció

Les bombes d'injecció són les encarregades de l'entrada dels productes químics necessaris par al procés.

La següent pantalla és la de configuració de les bombes d'injecció i com es pot comprovar, funciona molt semblant a les altres. En automàtic mana el programa del PLC i en manual l'operari decideix.

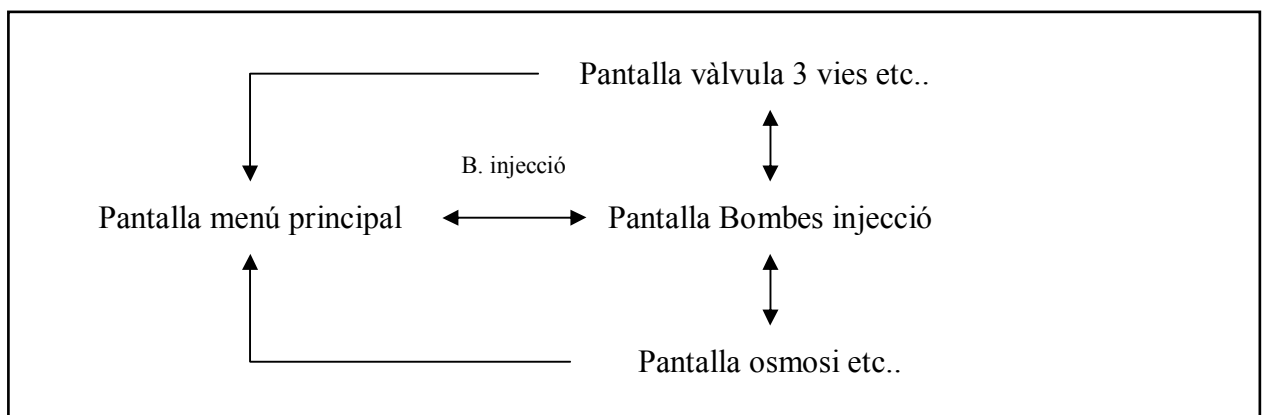


Fig.5.25 Accés a la pantalla de les bombes d'injecció.

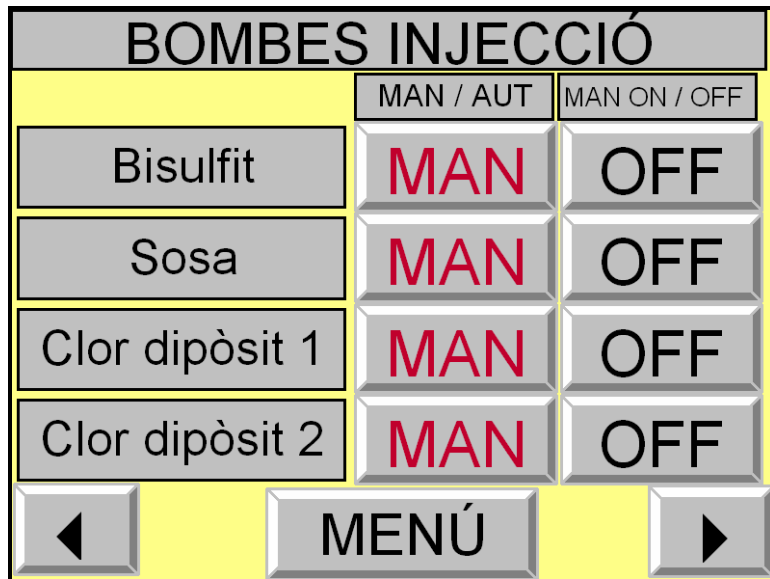


Fig.5.26 Pantalla de funcionament de les bombes d'injecció.

5.2.2.10 Pantalla descalcificadors

A part de la configuració del funcionament dels descalcificadors, aquesta pantalla ens dona també informació de l'estat en que es troba cada columna.

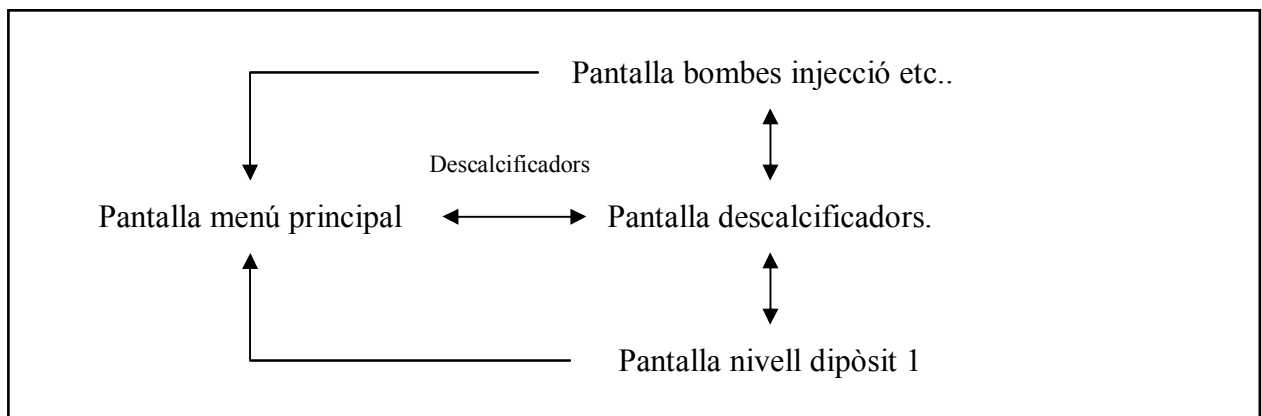


Fig.5.27 Accés a la pantalla dels descalcificadors.

El programa del PLC que controla els descalcificadors és cíclic tal i com s'ha explicat anteriorment.

Els pilots lluminosos "S", "R" i "E" ensenyen quin és l'estat de cada columna en tot moment, per tant, amb aquests pilots es pot saber si el descalcificador està regenerant, està esperant, o està en servei, és a dir, donant aigua.

L'operador pot configurar si el programa ha de treballar amb una, dos, o tres columnes activant o desactivant els selectors "ON/OFF" que fan referència a cada un dels descalcificadors.

El selector 2 posicions general "ON/OFF" permet l'engegada del cicle començant per la primera columna, si aquesta està en espera, si no, comença per la segona i si no per la tercera. La posició "OFF" permet acabar el cicle i el para abans de tornar a començar.

El selector "MANUAL/AUTOMÀTIC" fa un "RESET" de totes les etapes del programa del PLC i es col·loca al principi del cicle per tal que en manual es pugui utilitzar la columna desitjada.

A més els selectors "OBRIR/TANCAR" permeten obrir i tancat les vàlvules de sortida de cada columna de manera manual, i per tant només funcionen quan l'operari també ha triat la opció manual comentada anteriorment.

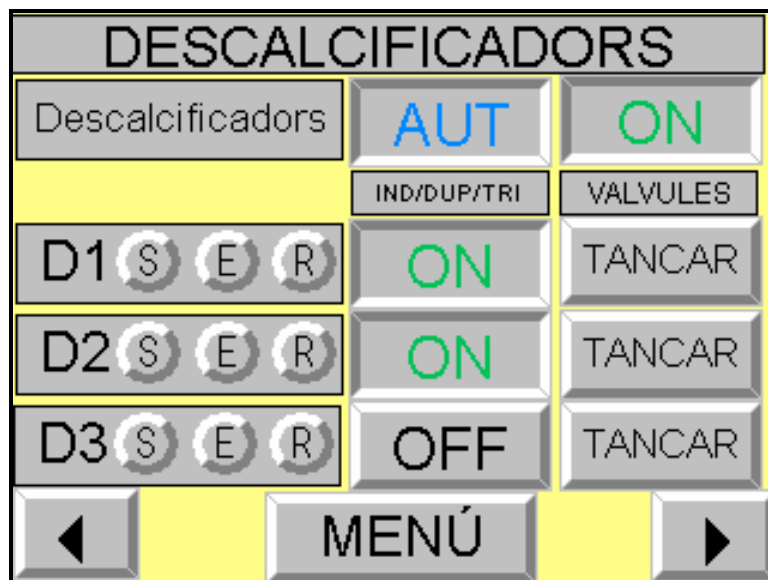


Fig.5.28 Pantalla de funció i configuració dels descalcificadors.

A la figura anterior es pot apreciar un exemple de la pantalla de configuració dels descalcificadors on el cicle està engegat i es treballa de manera automàtica i amb dos columnes activades.

5.2.2.11 Pantalla nivells i cabals

En aquestes pantalles és on es configuren els nivells dels 4 dipòsits de la instal·lació i on es visualitzen els cabals de la instal·lació. Per arribar-hi des del menú principal s'ha de seguir el següent camí:

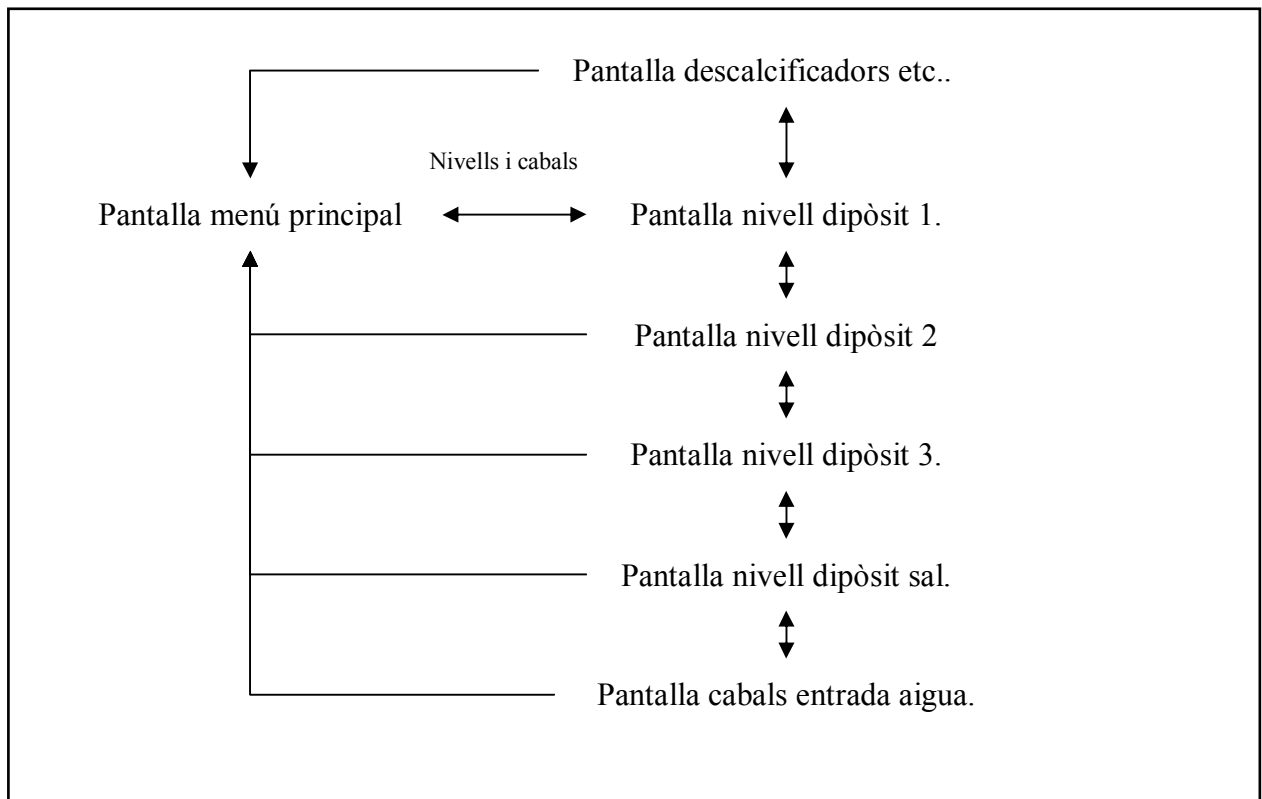


Fig.5.29 Accés a les pantalles de nivells i cabals.

A les pantalles de configuració dels nivells dels dipòsits, es pot visualitzar els nivells actuals dels tancs en cada una d'elles i es poden configurar els "set points" dels nivells màxims, mínims i els nivells de seguretat. Aquests valors són els que farà servir el PLC per controlar el sistema.

A continuació es mostra un exemple de la pantalla del nivell del dipòsit 1 i de la pantalla dels cabals.

NIVELL DIPÒSIT 1		
LITRES DIPÒSIT 1	99999	Litres
NIVELL MÀXIM	99999	Litres
NIVELL MÍNIM	99999	Litres
NIVELL SEGURETAT	99999	Litres
PER CANVIAR VALORS PREMEU SOBRE EL VERD		
<input type="button" value="◀"/> <input type="button" value="MENÚ"/> <input type="button" value="▶"/>		

Fig.5.30 Pantalla exemple de configuració dels nivells.

Per seleccionar a quin nivell del dipòsit 1 el PLC ha de permetre entrar aigua de les diverses entrades, s'utilitza la pantalla següent:

CONF. NIVELLS ENTRADA		
LIMIT LABOR I ROVIN.	99999	Litres
LIMIT ENT. VIDAL I BA.	99999	Litres
LIMIT ENT. XARXA	99999	Litres
PER CANVIAR VALORS PREMEU SOBRE EL VERD		
<input type="button" value="◀"/> <input type="button" value="MENÚ"/> <input type="button" value="▶"/>		

Fig.5.31 Pantalla de configuració de les consignes d'entrada.

CABALS ENTRADA AIGUA		
1-P.VIDAL I BARRAQUER	04578	l/h
2-XARXA ROBINAT	04211	l/h
3-POU CAN ROBINAT	05493	l/h
4-XARXA CAMÍ MATARÓ	05859	l/h
5-POU LABORATORI	00000	l/h
6-RESERVA	00000	l/h
7-RESERVA	00000	l/h
8-OSMOSIS	05127	l/h

◀
MENÚ
▶

Fig.5.32 Pantalla exemple de visualització dels cabals.

5.2.3. Alarmes

Com ja s'ha explicat anteriorment en el punt 5.2.2.2, les alarmes, informen a l'usuari, a través d'un text que va corrent a la pantalla, de quin és paràmetre que té una desviació fora del funcionament normal de la instal·lació.

En aquest cas és el programa del PLC el que envia un bit determinat a la pantalla i aquesta llista l'alarma determinada per pantalla.

Les alarmes configurades són les següents:

Nº	Missatges d'alarma
1	Osmosi parada
2	Nivell seguretat dipòsit 1
3	Nivell seguretat dipòsit 2
4	Nivell seguretat dipòsit 3
5	Nivell seguretat dipòsit 4
6	Fallo bomba B/02
7	Fallo bomba B/03
8	Fallo bomba B/04
9	Fallo bomba B/05
10	Fallo bomba B/06
11	Fallo bomba B/07
12	Fallo bomba B/08
13	Fallo bomba B/09
14	Fallo bomba B/10

Taula. 5.1 Llista d'alarmes.

6. PRESSUPOST I CàLCUL DEL RETORN DE LA INVERSIÓ

6.1. Valoració econòmica

La valoració econòmica de la instal·lació consta del càlcul dels costos de la fabricació de l'armari de control, el pressupost de les modificacions mecàniques amb les noves bombes de la instal·lació, la nova instrumentació i els costos de disseny del programa del PLC i pantalla tàctil així com els costos de posta en marxa.

Cal remarcar que els costos de programació del PLC, de la pantalla tàctil, i de la posta en marxa, es donen en hores ja que s'entén que l'empresa Fresenius Kabi té el personal d'oficina tècnica per a realitzar aquestes tasques (com és el meu cas) i per tant només han de decidir si dediquen aquests recursos humans a aquesta inversió.

6.1.1. Valoració econòmica de l'armari elèctric.

A partir del disseny dels esquemes elèctrics es demana pressupost per a la fabricació de l'armari de control. Aquest preu inclou la fabricació i la col·locació en el lloc corresponent de l'armari de control així com tots els components de l'armari.

Cal destacar que la pantalla tàctil i el PLC no formen part d'aquest pressupost ja que es preveu que aquests dos elements siguin adquirits per l'empresa Fresenius Kabi per tal que es pugui avançar en temes de programació des de l'oficina tècnica.

Unitats	Concepte	Model	Preu unitat	Total
1	Armari (segons esquemes Annexa C)		5.625,00 €	5.625,00 €
1	Feines de connexió		1.250,00 €	1.250,00 €
Valor econòmic armari				6.875,00 €

Taula 6.1 Valoració econòmica quadre de control.

6.1.2. Valoració econòmica de les modificacions mecàniques.

És evident, que a part del canvis elèctrics i d'instrumentació que implica aquest projecte, també existeixen canvis mecànics. Això vol dir que en certs punts de la instal·lació, hi ha feines com posar bombes o canviar algun equip o alguna instrumentació que impliquen talls i soldadures als tubs d'inoxidable.

En referència a aquestes feines, i per tal veure els canvis mecànics que s'han de fer existeix el plànol P&ID tractament d'aigües. Canvis estructurals de l'annex I on en blau, es mostren tots els canvis estructurals de la instal·lació.

Unitats	Concepte	Model	Preu unitat	Total
1	Modificacions mecàniques i connexió de bombes cabalímetres i vàlvules 3 vies	Segons pressupost (Gomis Metalurgia S.L.)	23.750,00 €	23.750,00 €
Valor econòmic modificacions				23.750,00 €

Taula 6.2 Valoració modificacions mecàniques.

6.1.3. Valoració econòmica de la nova instrumentació i els nous actuadors

Els nous cabalímetres són de la marca de +GF+ i els transductors de pressió de la casa Desin instruments.

La taula següent detalla els preus de la nova instrumentació de la instal·lació.

Unitats	Concepte	Model	Preu unitat	Total
8	Cabalímetres sortida 4-20mA	GF Signet 2537	463,00 €	3.704,00 €
3	Transductor de pressió 4-20mA	TPR-18 0-1bar	325,00 €	975,00 €
1	Transductor de pressió 4-20mA	TPR-18 0-0,6bar	325,00 €	325,00 €
1	Bomba B/03	Grundfos CR 5,5Kw	2.350,00 €	2.350,00 €
2	Bombes B/6 i B/7	Grundfos CR 4Kw	2.200,00 €	4.400,00 €
1	Bomba B/10	Grundfos CR 3Kw	2.060,00 €	2.060,00 €
2	Vàlvules 3 vies	J+J-80090H	450,00 €	900,00 €
Valor econòmic nova instrumentació i actuadors				14.714,00 €

Taula 6.3. Taula de preus de la instrumentació i els nous actuadors.

6.1.4. Valoració econòmica del PLC i la pantalla SCADA.

Per tal de treballar amb la programació del PLC i la pantalla tàctil es preveu que Fresenuis Kabi adquireixi el PLC i la pantalla tàctil separatament de l'armari de control tal i s'ha esmentat en el punt 6.1.1 d'aquesta mateixa memòria.

A la següent taula es detallen els preus de la pantalla el PLC i els seus components.

Unitats	Concepte	Model	Preu unitat	Total
1	CPU	CJ1M-CPU11-ETN	850,00 €	850,00 €
2	Entades digitals	CJ1W-ID211	140,00 €	280,00 €
2	Sortides digitals	CJ1W-OD212	170,00 €	340,00 €
2	Entrades analògiques	CJ1W-AD081-V1	610,00 €	1.220,00 €
1	Pantalla tàctil	NS5-TQ00V2	1.520,00 €	1.520,00 €
1	Font alimentació	PA202	128,00 €	128,00 €
Valor econòmic PLC i pantalla				4.338,00 €

Taula 6.4 Taula de preus PLC i pantalla.

6.1.5. Valoració del disseny i dels costos totals

A la següent taula es mostra el resum de costos totals del projecte. Tal i com ja s'ha comentat, els costos de disseny, posta en marxa i proves es donen en hores, entenent que són tasques de la oficina tècnica de Fresenius Kabi.

Concepte	Hores	Preu total
Armari elèctric i instal·lació		6.875,00 €
Modificacions mecàniques		23.750,00 €
Nova instrumentació i actuadors		14.714,00 €
PLC i pantalla tàctil		4.338,00 €
Disseny dels esquemes P&ID	32	
Disseny dels esquemes elèctrics	64	
Disseny del programa del PLC	50	
Hores de posta en marxa i proves	100	
Hores total oficina tècnica	246	
Valor econòmic de la inversió		49.677,00 €

Taula 6.5 Valor total de la inversió.

6.2. Càlculs de la inversió.

A part dels avenços tècnics i de funcionament que implica la posada en marxa d'aquest projecte i que han estat explicats en els punt 2.2 d'aquesta memòria, tot projecte es una inversió i per tant, també té la finalitat de que el cost sigui retornat el més aviat possible. En cas contrari, el projecte podria solucionar moltes coses però no seria viable econòmicament per a la empresa.

En aquest apartat es mostren els càlculs utilitzats per demostrar que la idea a part de ser una millora tècnica i de funcionament, també és molt rentable.

Per demostrar això s'han utilitzat eines per calcular el cost de l'aigua en diferents punts del procés i d'aquesta manera poder veure quin és el cost per litre en cada un d'aquests punts a mesura que el procés incorpora valor afegit a l'aigua.

Amb aquestes dades s'ha pogut fer una simulació de quins serien els consums d'aigua en cas de que el projecte es portés a terme.

Finalment, tot això ens ha permès calcular el retorn de la inversió.

6.2.1. Valor afegit en el procés

A mesura que l'aigua passa a través de les diverses etapes del procés de tractament d'aigües de Fresenius Kabi, aquest, va incorporant un valor afegit al producte. Alguns dels factors que provoquen aquest augment són per exemple, l'electricitat, els productes químics que es van incorporant o els rebutjos que tenen algunes etapes del procés.

També es important destacar que l'estudi incorpora les despeses derivades d'amortitzacions de màquines i manteniment que se sumen als factors citats anteriorment afegint encara més valor afegit al producte.

També s'ha de comentar que l'estudi està fet amb les dades dels consums de que va tenir Fresenius Kabi durant el 2007 ja que és l'últim any en que es disposen de les dades de tot l'any sencer.

Per tal de veure més clar quins són els punts del procés on es vol tenir el preu d'un litre d'aigua s'ha fet un diagrama de tot el procés de tractament d'aigües de Fresenius Kabi amb els punts on s'incorporen consums de productes químics, electricitat o d'altres com poden ser els rebutjos.

Els principals punts on s'ha calculat el preu de l'aigua i que fan referència al diagrama de consum d'aigua situació actual de l'annex II són els següents:

6.2.1.1 Punt A

En el punt A hi trobem el preu per litre d'aigua després de ser extreta dels pous i de la xarxa pública i emmagatzemada en el dipòsit nº 1.

Aquí el valor afegit ve donat per el preu de l'aigua de pou i de xarxa així com els consums elèctrics de les bombes, les amortitzacions i els manteniments.

Cada litre d'aigua que hi ha en aquest punt té un preu de 0,000738 euros.

FASE A (Entrada aigua)

Litres fase		69.284.000	
Cost/litre fase anterior		0,000530	
		COST TOTAL	COST PER LITRE
Consumibles	0,00		0,000000
Manteniment	2.183,12		0,000032
Amortització	10.072,46		0,000145
Electricitat	2.149,96		0,000031
Altres			0,000000
Total despesa	14.405,55		0,000208
Cost/litre final fase			0,000738

6.2.1.2 Punt B

En el punt B ja partim que l'aigua té un cost procedent del punt A. En aquest punt l'aigua agafa més valor afegit degut a l'entrada de clor i bisulfit, la utilització de sal hidrolitzada per fer les regeneracions dels descalcificadors, els consum elèctric de la bomba B/02 que hi ha abans d'entrar al sílex i les amortitzacions dels equips corresponents. Cal destacar que l'estudi detallat mostra els costos d'una fase B1 dintre de la B que incorpora el cost d'afegir sosa a l'aigua procedent de la fase B

En aquest punt un litre d'aigua te un preu de 0,01704 euros.

FASE B:		Descalcificació, incorporem sal	
Litres fase			61.342.000
Cost/litre fase anterior			0,000910
		COST TOTAL	COST PER LITRE
Consumibles	32.395,57		0,000528
Manteniment	2.183,12		0,000036
Amortització	5.996,17		0,000098
Electricitat	0,00		0,000000
Altres			0,000000
Total despesa	40.574,86		0,000661
Cost/litre final fase			0,001571

FASE B1:		Incorporem la sosa	
Litres fase			57.442.000
Cost/litre fase anterior			0,001571
		COST TOTAL	COST PER LITRE
Consumibles	1.366,40		0,000024
Manteniment	2.183,12		0,000038
Amortització	4.076,99		0,000071
Electricitat	0,00		0,000000
Altres			0,000000
Total despesa	7.626,51		0,000133
Cost/litre final fase			0,001704

6.2.1.3 Punt C

Es parteix del preu de l'aigua en el punt anterior, el B, i aquí, cal comentar que dels 10.500 l/h d'aigua que entren a la Ro, 6600 l/h surten com a aigua bona i 3900 l/h es rebutgen degut al propi procés d'osmosi inversa.

A part, el preu també es veu afectat degut al consum elèctric de la bomba de la osmosi de 15 Kw, de l'entrada de sosa al procés i de les amortitzacions i els manteniments dels equips.

Un litre d'aigua al punt C té un preu de 0,002059 euros.

FASE C: Osmosi

Litres fase		57.442.000
Cost/litre fase anterior		0,001704
	COST TOTAL	COST PER LITRE
Consumibles	4.233,18	0,000074
Manteniment	2.183,12	0,000038
Amortització	5.700,56	0,000099
Electricitat	8.262,36	0,000144
Altres		0,000000
Total despesa	20.379,22	0,000355
Cost/litre final fase		0,002059

6.2.1.4 Punt D

L'augment de cost és degut al procés de CDI i del consum de les bombes així com els manteniments i les amortitzacions dels equips.

Al sortir d'aquest procés l'aigua té un cost de 0,003175 euros per litre.

FASE D: CDI

Litres fase		8.667.000
Cost/litre fase anterior		0,002059
	COST TOTAL	COST PER LITRE
Consumibles	0,00	0,000000
Manteniment	2.183,12	0,000252
Amortització	4.457,75	0,000514
Electricitat	3.029,53	0,000350
Altres		0,000000
Total despesa	9.670,40	0,001116
Cost/litre final fase		0,003175

6.2.1.5 Punt E

Aquesta és l'aigua que es fa servir per a fabricar les solucions i els productes de Fresenius Kabi. L'augment de cost és degut a totes les fases anteriors més el procés de destil·lació així com les amortitzacions, els manteniments i els consums elèctrics dels equips.

Un litre d'aigua WFI té un cost de 0,003818 euros/litre.

FASE E:

Litres fase		7.249.000
Cost/litre fase anterior		0,003175
	COST TOTAL	COST PER LITRE
Consumibles	0,00	0,000000
Manteniment	2.183,12	0,000301
Amortització	0,00	0,000000
Electricitat	2.480,81	0,000342
Altres		0,000000
Total despesa	4.663,93	0,000643
Cost/litre final fase		0,003818

6.2.1.6 Punt F

Es tracta de l'aigua que en un principi s'utilitza com a aigua per a serveis (calderes, neveres etc...) i que com es pot veure és osmotitzada. El cost d'aquesta aigua és com sempre degut al preu de l'aigua en les fases anteriors i els consums elèctrics, manteniment, i amortitzacions dels equips així com a l'entrada de clor al procés.

Un litre d'aquesta aigua té un preu de 0,002236 euros.

Cal destacar que aquest estudi té la finalitat de valorar el preu de l'aigua en diversos punts del procés i d'aquesta manera poder comparar el preu en el cas de fer algun canvi tal i com es veurà més endavant. De fet es preveu utilitzar l'aigua d'aquest punt com a aigua descalcificada (punt B) i aconseguir un estalvi econòmic tal i com es veurà més endavant en aquest estudi.

FASE F:

Litres fase		19.475.000
Cost/litre fase anterior		0,002059
	COST TOTAL	COST PER LITRE
Consumibles	495,52	0,000025
Manteniment	2.183,12	0,000112
Amortització	0,00	0,000000
Electricitat	778,00	0,000040
Altres		0,000000
Total despesa	<u>3.456,64</u>	<u>0,000177</u>
Cost/litre final fase		0,002236

6.2.1.7 Taula resum

A continuació es mostra una taula resum on es poden apreciar tots els elements que intervenen en el valor afegit de l'aigua en cada punt referent al diagrama de consum d'aigua situació actual de l'annex II.

Cal destacar que en la taula resum hi ha punts entremitjos als punts ja explicats que ens permeten arribar a més detall en l'estudi dels costos.

Fase	Litres per fase	Consumibles	Manteniment	Amortització	Electricitat	Altres	Cost litre final fase	Litres rebutjats	Valoració rebuig
A	69.284.000	0,000000 €	0,000032 €	0,000145 €	0,000031 €	0,000000 €	0,000738 €	7.942.000	5.863 €
A1	61.342.000	0,000025 €	0,000036 €	0,000062 €	0,000049 €	0,000000 €	0,000910 €	0	0 €
B	61.342.000	0,000528 €	0,000036 €	0,000098 €	0,000000 €	0,000000 €	0,001571 €	3.900.000	6.128 €
B1	57.442.000	0,000024 €	0,000038 €	0,000071 €	0,000000 €	0,000000 €	0,001704 €	0	0 €
C	57.442.000	0,000074 €	0,000038 €	0,000099 €	0,000144 €	0,000000 €	0,002059 €	29.300.000	60.324 €
D	8.667.000	0,000000 €	0,000252 €	0,000514 €	0,000350 €	0,000000 €	0,003175 €	1.588.000	5.041 €
E	7.249.000	0,000000 €	0,000301 €	0,000000 €	0,000342 €	0,000000 €	0,003818 €	8.450.000	32.262 €
F	19.475.000	0,000025 €	0,000112 €	0,000000 €	0,000040 €	0,000000 €	0,002236 €	19.475.000	43.552 €

Taula.6.6 Taula resum del valor afegit i el cost per litre en cada fase.

6.2.2. Simulació futura

En aquest moment ja coneixem (amb preus de 2007) el preu d'un litre d'aigua en cada punt del procés. A part, el diagrama de consum d'aigua situació actual de l'annex II d'aquesta memòria

ens mostra quina quantitat d'aigua es deriva en cada punt del procés així com les despeses associades a cada punt i que li donen el valor afegit al producte.

Amb aquestes dades i sobre aquest diagrama s'ha fet una simulació visual de quina hagués estat la situació de consums d'aigua en el cas de que l'aigua de serveis (punt F) hagués estat aigua descalcificada (punt B) i no osmotitzada, que és molt més cara.

Cal destacar que aquest, és un dels objectius del projecte al tenir un pas entremig amb el depòsit nº 2 d'aigua descalcificada i que és possible amb la millora de l'automatització del procés.

El resultat d'aquesta simulació es dona visualment al diagrama de consum d'aigua simulació solució de l'annex II.

També es mostra a la simulació, el resultat de recuperar el procés d'aigua d'autoclaus. Com es pot veure, si es recupera aquesta aigua, es redueix també la quantitat d'aigua de xarxa que ha d'entrar al principi del procés. Això també repercuteix en els costos.

En resum, si es recupera l'aigua dels autoclaus i es fa servir aigua només descalcificada per als processos de serveis (tècnicament per a les màquines és possible i en algunes necessari), les necessitats d'entrada d'aigua al sistema baixen de 69284 m³ fins a 46193 m³.

Això implicarà una reducció dels costos anuals d'adquisició de l'aigua d'entrada, una reducció de productes químics i de manteniment i una reducció del consum elèctric de les bombes i sistemes que treballarien menys hores.

A continuació es detalla amb una taula un resum de la valoració econòmica d'aquest estalvi juntament amb els conceptes econòmics d'electricitat, manteniment, consumibles i amortitzacions aproximats que es veuran afectats positivament.

TIPUS DE DESPESA	REAL 2007	ESCENARI ESTALVI Simulació	DIF:	DIF %:
Aigua Pous	8.904,03 €	8.904,03 €	0 €	0%
Aigua Sorea	27.837,75 €	18.559,96 €	-9.278 €	-33%
Consumibles	39.525,54 €	26.352,44 €	-13.173 €	-33%
Manteniment	17.464,97 €	11.644,23 €	-5.821 €	-33%
Amortització	34.087,21 €	38.587,21 €	4.500 €	13%
Electricitat	19.730,18 €	13.154,49 €	-6.576 €	-33%
Altres	0,00 €	0,00 €	0 €	0%
TOTAL	147.549,68 €	117.202,37 €	-30.347 €	-21%

RESUM	LITRES INICIALS	LITRES SIMULACIÓ	VARIACIÓ
	69.284.000,00	46.192.978,00	-33%

Taula 6.7 Taules resum de l'estalvi.

Cal remarcar que la implementació del nou funcionament de la instal·lació inclou que la osmosi es pari en moments en que el dipòsit 3 estigi ple. Fent això s'aconseguirà reduir encara més la quantitat d'aigua d'entrada al sistema gràcies a l'eliminació del rebuig d'aigua de la osmosi i de la recirculació d'aigua bona cap al dipòsit inicial.

Per aquest motiu, s'han creat uns comptadors al programa del PLC que juntament amb la pantalla explicada al punt 5.2.2.7 d'aquest mateix projecte registren el temps que la RO ha estat parada per estalvi per ser valorat.

També s'ha de remarcar el fet de que consumir menys aigua implica que el preu per litre que es paga a la companyia sigui menor, és a dir, que l'empresa paga més car el preu per litre a la subministradora com més aigua consumeix. D'aquesta manera es pot considerar que la inversió comporta associada una baixada del preu per litre de l'aigua de xarxa i que això també repercuteix en els costos.

6.2.3. Retorn de la inversió

Arribats a aquest punt ja es disposa de quant costa posar en marxa la instal·lació. A més també es disposa de quin és l'estalvi econòmic que això aporta amb dades de l'any 2007 ja que és l'últim any en que es tenen totes les dades de consum complertes.

Retorn de la inversió	
Valor econòmic de la inversió	49.677,00 €
Estalvi econòmic anual	30.347,00 €
Retorn (anys)	1,64

Taula 6.8 Retorn de la inversió.

Cal destacar que el retorn d'aquesta inversió en menys de dos anys comporta una amortització dels costos en poc temps. Aquest és un dels pilars fonamentals en el que es basa aquest projecte.

7. CONCLUSIONS

A part de la millora que comporta aquest projecte tota inversió té com a finalitat aconseguir retornar el cost del seu disseny i implementació el més aviat possible. És lògic doncs, que aquest factor sigui un dels més importants (tal i com funcionen les empreses) per aconseguir aprovar i executar un projecte real.

Aquest és el cas d'aquest projecte i d'aquesta memòria en la que s'explica i es demostra clarament que la solució presentada és perfectament adequada per a la planta de Fresenius Kabi. A més, aquesta és adequada per molts dels motius ja explicats anteriorment en aquesta memòria com l'estalvi energètic, l'estalvi d'aigua, el fet de guanyar en fiabilitat i comoditat d'operació i finalment, el ràpid retorn de la inversió.

En referència al disseny del projecte, cal esmentar que a mesura que s'ha anat avançant amb les diferents parts que el formen, cada cop ha quedat més clar la importància de seguir l'ordre i les etapes que són obligatòries en el disseny d'una automatització industrial. El que es vol dir amb això, és que a part de conèixer el funcionament i les necessitats exactes de l'aplicació, cal seguir el disseny i la programació de la solució havent acabat completament el disseny de l'etapa anterior.

Com a resultat de tot això, el disseny d'aquest projecte i la redacció d'aquesta memòria m'ha donat l'oportunitat d'aprendre com i quines etapes hi ha en un procés d'aquest estil i en conseqüència, també m'ha permès veure quins són els errors i les millores que es poden aplicar en un altre i futur projecte.

Un altre projecte o fins hi tot l'ampliació d'aquest mateix cap a l'adquisició de dades a través d'ethernet, i amb la comunicació del PLC i la pantalla amb altres PLC's de la planta per centralitzar totes les dades en un Scada de nivell més elevat.

Per últim, cal esmentar, que l'estudi econòmic en que es fonamenta aquest projecte ha estat presentat a la direcció de planta de Fresenius Kabi a Vilassar i que aquesta, a dia d'avui, ja ha aprovat la inversió per a la primera meitat de l'any 2010.

8. **BIBLIOGRAFIA I LOCALITZACIONS URL**

8.1. **Referències bibliogràfiques**

- [1] *Autómatas programables*
Josep Balcells, Jose Luis Romeral
Editorial MARCOMBO,S.A. 1997

- [2] *Guía de automatización industrial 2008*
Editat per Omron

- [3] *Electotecnica*
José García Trasancos
Editorial Paraninfo edició 1998

- [4] *Programación de autómatas industriales Omron.*
Vicente Lladonosa Giró.
Editorial Marcombo (05/1995).

- [5] *Automatització industrial amb GRAFCET.*
Antoni Sudrià i Andreu, Joan Bergas Jané, Oriol Boix i Aragonès.
Ediciones UPC, (1993).

- [6] *Tratamiento de Aguas Industriales : Aguas De Proceso Y Residuales*
Miquel Rigola
Editorial MARCOMBO

- [8] *Calidad Y Tratamiento Del Agua*
American Water Works Association
Editorial McGraw-Hill

8.2. **Localitzacions URL**

- [1] <http://www.industrial.omron.es/>
Pàgina web oficial de Omron a Espanya
Especialistes en automatització industrial.

- [2] <http://www.weidmuller.es>
Pàgina web oficial de Weidmüller a Espanya.
Especialistes en automatització industrial.

- [3] <http://www.infoPLC's.net>
Portal d'automatització industrial
PLC's, scadas, control, hmi, robòtica, etc..

- [4] <http://www.automatas.org/omron/omron.htm>
Web dedicada a PLC's de varies marques.
PLC's, scadas, control, hmi, robòtica, etc..

- [5] <http://www.grundfos.es>
Pagina web oficial de Grundfos a Espanya
Especialistes en bombes i equips a pressió.

- [6] <http://www.gfsignet.com>
Pagina web oficial de George Fisher +GF+
Especialistes en instrumentació.

- [7] <http://www.desin.com>
Pagina web oficial de Desin Instruments.
Especialistes en instrumentació

- [8] <http://www.telemecanique.es>
Pagina web oficial de Telemecanique a Espanya
Especialistes en automatització industrial

- [9] <http://www.actuators.eu.com>
Pagina web oficial de J+J
Especialistes en actuadors per vàlvules

- [10] <http://www.veoliawaterst.es>
Pagina web oficial de Veolia a Espanya
Especialistes en tractament d'aigües.

- [11] <http://www.stenco.es>
Pagina web oficial de Stenco a Espanya
Especialistes en tractament d'aigües.

9. ANNEXES

9.1. Annex I: Planols P&ID

- Diagrama P&ID tractament d'aigües. Situació actual
- Diagrama P&ID tractament d'aigües. Nova solució
- Diagrama P&ID tractament d'aigües. Canvis estructurals

9.2. **Annex II: Diagrames de consum d'aigua.**

- Diagrama de consum d'aigua situació actual.
- Diagrama de consum d'aigua simulació solució.

9.3. Annex III: Contingut del CD.

- Carpeta Memòria
 - Memòria en format .PDF
 - Memòria en format .DOC
 - Article format .PDF
 - Article en format .DOC
 - Resum format .PDF

- Carpeta Diagrames P&ID
 - Diagrama P&ID tractament d'aigües. Situació actual en format .DWG
 - Diagrama P&ID tractament d'aigües. Situació actual en format .PDF
 - Diagrama P&ID tractament d'aigües. Nova solució format .DWG
 - Diagrama P&ID tractament d'aigües. Nova solució format .PDF
 - Diagrama P&ID tractament d'aigües. Canvis estructurals en format .DWG
 - Diagrama P&ID tractament d'aigües. Canvis estructurals en format .PDF

- Carpeta Programa PLC
 - Programa del PLC en format PDF.
 - Programa del PLC amb format CXP (cx-programer).

- Carpeta Programa de la pantalla.
 - Programa i configuració de la pantalla en format .PDF
 - Programa de la pantalla tàctil en format IPP (cx-designer)

- Carpeta Esquemes elèctrics.
 - Esquemes elèctrics en format .PDF

- Carpeta Diagrames de consum d'aigua.
 - Diagrama de consum d'aigua situació actual en format .PDF
 - Diagrama de consum d'aigua situació actual en format .XLS
 - Diagrama de consum d'aigua simulació solució en format .PDF
 - Diagrama de consum d'aigua simulació solució en format .XLS

- Carpeta normativa
 - Normativa interna de Fresenius Kabi en format .PDF

