

Resum

Les màquines rotatives d'altura variable per l'ompliment d'ampolles són les que ofereixen millor rendiment ja que permeten un dosatge sense generar escuma ni esquitxades, entrega d'ampolles continua i en definitiva millor cadència, però estan basades en una solució purament mecànica. L'objectiu del projecte és demostrar que es pot realitzar la mateixa tasca amb eines típiques d'automatització com són un autòmat o un servomotor per controlar els dosificadors afegint funcionalitat i versatilitat a l'aplicació. Basant-se en les màquines que ofereixen millor rendiment -les rotatives d'altura variable- s'especifica un model de màquina per l'ompliment d'ampolles i es fa una descripció de totes les parts que ha de tenir aquesta màquina. La solució adoptada ofereix unes pautes per integrar -mitjançant hardware i software- el control de la màquina, control d'eixos, edició i generació de formats d'ampolles i seguretat de màquina així com un exemple d'esquema de l'arquitectura que seguiran els dispositius instal·lats a la màquina.

El projecte esdevé una guia per a fabricants de maquinària que vulguin optar per una solució més versàtil i amb més facilitat d'integració de cara a empreses que fabriquin productes líquids.

Resumen

Las máquinas rotativas de altura variable para el llenado de botellas son las que ofrecen mejor rendimiento, puesto que permiten una dosificación sin generar espuma ni salpicaduras, entrega de botellas continúa y en definitiva mejor cadencia, pero están basadas en una solución puramente mecánica. El objetivo del proyecto es demostrar que se puede realizar la misma tarea con herramientas típicas de automatización como son un autómatas o un servomotor para controlar los dosificadores añadiendo funcionalidad y versatilidad a la aplicación. Basándose en las máquinas que ofrecen mejor rendimiento -máquinas rotativas de altura variable- se especifica un modelo de máquina para el llenado de botellas y se hace una descripción de todas las partes que debe tener esta máquina. La solución adoptada ofrece unas pautas para integrar -mediante hardware y software- el control de la máquina, control de ejes, edición y generación de formatos de botellas y seguridad de máquina así como un ejemplo de la arquitectura que seguirán los dispositivos instalados en la máquina. El proyecto es una guía para fabricantes de maquinaria que quieran optar por una solución más versátil y con más facilidad de integración de cara a empresas que fabriquen productos líquidos.

Abstract

The variable height rotary machines for the filling bottles are those who offer better performance because they allow a dosing without generating foam or splashes, delivery of bottles are continue and definitively have better cadence, but they are based on a purely mechanical solution. The aim of the project is to demonstrate that it is possible to realize the same task with typical tools of automation like an automaton or a servomotor to control the fillers, adding functionality and versatility to the application. Based on the machines that offer better performance -variable height rotary machines- a model of machine is specified for filling bottles and is done a description of all the parts that must have this machine. The solution offers a few guidelines using hardware and software to integrate a machine control, control of axes, edition and generation of bottles formats and safety of machine as well as an example of the architecture that will show the devices installed to the machine.

The project is a guide for machinery manufacturers that want to choose a more versatile solution and with more facility of integration with a view to companies that make liquid products.

Agraïments

Als meus pares i el meu germà per ajudar-me amb el seu suport incondicional durant tota la carrera fins arribar a aquest punt.

A la Laura per la seva ajuda , empenya i suport.

Al Sergi i el Xavier per la seva confiança.

Gràcies a tots.

INDEX

Pag.

1.- OBJECTIUS	1
1.1-JUSTIFICACIÓ.....	1
2.- INTRODUCCIÓ	3
2.1.- RESUM DE LA APLICACIÓ.....	3
2.2. - CONSIDERACIONS DE LES MÀQUINES ROTATIVES D'ALTURA VARIABLE.....	5
2.3.-EXPLICACIÓ DE LA PROBLEMÀTICA DE L'APLICACIÓ.....	6
3.-EINES DISPONIBLES.....	9
3.1.- CONTROLADORS D' AUTOMATITZACIÓ PROGRAMABLES.....	9
3.1.1- <i>Situació per la qual sorgeixen els PAC</i>	9
3.1.2.- <i>Què és un PAC?</i>	10
3.1.3- <i>Característiques d'un PAC:</i>	11
3.1.4 - <i>Avantatges d'un PAC</i>	13
3.1.5 - <i>Exemple de PAC</i>	13
3.2.- SISTEMES DE CONTROL DE MOVIMENT.....	14
3.2.1.- <i>El perfil de posició.</i>	14
3.2.2- <i>Sistemes de control de moviment autònom o independents.</i>	17
3.2.3.- <i>Sistemes de control de moviment integrats.</i>	18
3.3.- EQUIPS PER LA EDICIÓ DE RECEPTES (FÓRMULES) O FORMATS.....	19
4.- DETALL APLICACIÓ A RESOLDRE.....	21
4.1- TAMBOR CENTRAL CONTROLAT PER MOTOR ASÍNCRON.....	21
4.2.-OMPLIMENT D'AMPOLLES.	22
4.3.-SERVOMOTORS PER CONTROLAR L' ALTURA DE L' AMPOLLA.	23
4.4.- TERMINAL D' OPERADOR PER LA EDICIÓ O GENERACIÓ DE FORMATS.....	24
4.5.-SENSORS I ACTUADORS DE LA MÀQUINA.....	24
4.6.- REQUISITS DE SEGURETAT	25
4.7.-PAC PEL CONTROL DE TOTA LA APLICACIÓ.....	26
5.- SOLUCIÓ ADOPTADA.....	27
5.1.- CONCEPTES PREVIS.....	27
5.1.1.- <i>Eix real / Eix virtual.</i>	27
5.1.2.- <i>Sincronització de lleves electròniques</i>	29
5.1.3 <i>Add-on Instrucction</i>	30
5.2.- EDICIÓ I GENERACIÓ DE FORMATS.	32
5.2.1.- <i>Generació de formats</i>	32
5.2.2.- <i>Dades associades a cada format.</i>	36
5.2.3.- <i>Guardat de formats.</i>	40
5.3.- L' ALTURA EN RELACIÓ DEL VOLUM.....	42
5.3.1.- <i>Add-on Instruction per la generació de PCAM's</i>	43
5.3.2- <i>Motion intructions</i>	47

5.4.- COMUNICACIÓ DELS DISPOSITIUS DE CAMP.	49
5.4.1.- <i>SERCOS</i>	49
5.4.2.- <i>EtherNet/IP</i>	51
5.4.3 – <i>Arquitectura de Hardware</i>	54
5.5.- SEGURETAT	55
5.5.1 <i>Què és la seguretat?</i>	55
5.5.2 <i>Dispositius de seguretat a la màquina d'ompliment.</i>	57
6.-CONCLUSIONS	63
PRESSUPOST	65
ANNEX I – CÀLCULS ESTRUCTURES	67
ANNEX II –CONTINGUT CD	75
BIBLIOGRAFIA	77

INDEX D'IMATGES	Pag.
1-Màquina dosatge linear	4
2-Màquina de dosatge rotatiu	5
3-Màquina de dosificació variable.....	5
4-Màquina rotativa de dosatge d'altura variable	6
5-Exemple de pac.....	10
6-Capacitat multidomini.....	11
7-Exemple de comunicacions d'un pac	12
8-Sistema controllogix.....	13
9-Gràfica velocitat-temps	14
10-Gràfica límits velocitat-temps	15
11-Gràfica 2 velocitat-temps	15
12-Exemple d'arquitectura de control de moviment autònom.....	17
13-Esquema del control de moviment integrat.....	18
14-Exemple d'arquitectura amb control de moviment integrat	19
15-Exemple de la part central rotativa o tambor	22
16-Cabalímetre per els dosificadors	22
17- Exemple de part hidràulica del sistema	23
18-Exemple de pcam.....	29
19-Exemple de relació entre eixos al programa rslogix5000	30
20-Exemple de la pantalla de creació dels tags a rslogix5000.....	31
21-Exemple de la pantalla de creació dels tags a rslogix5000.....	31
22-Exemple de la pantalla de creació de la lògica de control a rslogix5000.....	32
23-Exemple d'ampolles.....	33
24- Udt de tipus secció	38
25-Udt de tipus ampolla	39
26-Tag de tipus ampolla	39
27-Tag de tipus ampolla per a guardar els formats mes utilitzats.....	40
28-Format d'excel per el guardat/carregat de les dades	41
29 -Addon instruction vista des de fora.....	46

IV

<i>30-Exemple de xarxa sercos.....</i>	51
<i>31-Màquina de dosatge rotatiu amb parades d'emergència</i>	58
<i>32 -Parada d'emergència.....</i>	58
<i>33-Parada d'emergència.....</i>	59
<i>34-Switch de seguretat</i>	60
<i>35-Esquema de tancament de portes mitjançant switch de seguretat.....</i>	60
<i>36-Controlador de seguretat</i>	61

1.- Objectius

L'objectiu del projecte és demostrar la senzillesa amb la que es poden solucionar certs problemes en l'ompliment d'ampolles de formes complexes sense generar escuma ni esquitxar durant el procés. Pretén mostrar que amb eines típiques de l'automatització, servomotors o autòmats, es poden omplir ampolles de diferents formes amb líquids, sense generar esquitxades ni escuma i sense haver de recórrer a complexos canvis mecànics per a cada format.

No forma part d'aquest projecte la programació d'un màquina ni la implementació de les eines o codi generat en cap aplicació real. Aquest projecte tampoc pretén aportar un disseny mecànic de l'aplicació sinó una guia per simplificar aquests tipus d'aplicacions.

1.1-Justificació

El desenvolupament del projecte s'ha portat a terme en base a necessitats de l'empresa Rockwell Automation S.A.

2 - *Objectius*

2.- Introducció

Les empreses comercialitzadores de productes líquids necessiten envasar de forma ràpida i correcte cada tipus de producte. Per aquesta raó encarreguen a empreses fabricants de maquinaria aplicacions dedicades a l'ompliment de envasos o ampolles. Aquestes màquines dosen els líquids dins de les ampolles o envasos de forma automàtica.

2.1.- Resum de la aplicació.

Maquines d'ompliment d'ampolles se'n poden trobar de diferents tipus , però es pot fer una distinció en base a algunes característiques:

Depenent del líquid a dosar es distingeixen dos tipus d'aplicacions:

-Dosatge a altura fixa: el líquid es dosa sempre des de fora de l'ampolla sense importar les possibles esquitxades o l'escuma generada. El dosificador es col·loca a la part superior de l'ampolla encaixant amb la obertura superior de l'ampolla. El dosatge es realitza des de aquest punt i el líquid cau dins de l'ampolla sense cap tipus de control.

-Dosatge d'altura variable: el dosificador s'introdueix dins l'ampolla fins al fons i puja a mesura que l'ampolla s'ompli sense que mai arribi a estar en contacte amb el líquid. L'altura del dosificador augmenta de forma progressiva amb la quantitat de líquid dosat.

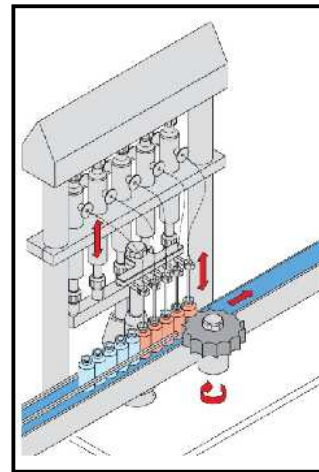
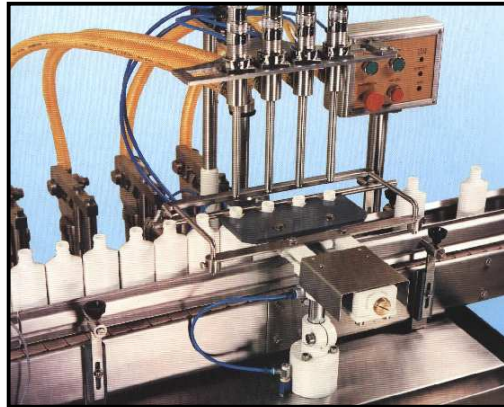
Ambdues aplicacions ens les podem trobar amb un o diversos dosificadors.

Dependent del tipus de dosatge:

-Dosatge rotatiu: El dosificadors es situen sobre una plataforma circular moguda per un eix rotatiu que gira a una velocitat determinada. L'ampolla s'omple mentre l'eix central gira.

4- Introducció

-Dosatge lineal: Els dosificadors es situen de forma lineal un a darrera l'altre de forma recta. Planteja problemes de continuïtat en la producció ja que el dosatge es realitza per grups d'ampolles.



1-Màquina dosatge lineal

En les aplicacions d'alta producció on es requereixen de molts dosificadors es sol utilitzar un mecanisme rotatiu per a obtenir un cicle de màquina continu, així s'assegura que el següent pas del procés de creació del producte -com podria ser el taponat de l'ampolla- no hagi d'esperar grups d'ampolles sinó que estarà rebent ampolles tota la estona, sense parades. Les aplicacions de major productivitat solen ser rotatives i d'altura variable ja que, quant més velocitat es necessiti de producció més ràpid a de ser el dosat i això comporta que es produeixin encara més esquitxades degut a l'augment de cabal del dosificador.

Aquestes aplicacions solen estar realitzades amb una solució bàsicament mecànica en la qual uns plats giren al voltant d'una taula aixecant-se progressivament a mesura que avancen. La velocitat de dosatge està establerta pel cabal del dosificador i l'altura ve donada per la mecànica corresponent a aquell dosificador i al punt en que es trobi aquest dosificador dins del gir de rotació del tambor central. El dosatge és relativament constant durant l'avanç però no és té cap control sobre ell mateix, tan sols es controla la vàlvula d'ompliment que s'obre al començar el gir i que es tanca a l'acabar el volum dosat.



2-Maquina de dosatge rotatiu

2.2. - Consideracions de les màquines rotatives d'altura variable.

Les màquines d'ompliment rotatives tenen dues peculiaritats mecàniques importants:

- No es mou el dosificador sinó l'ampolla. El motiu és simple ja que moure el dosificador significa dotar a la màquina d'un sistema electrònic, pneumàtic i hidràulic flexible mentre que al moure l'ampolla tots els cables i mànegues poden ser d'escassa flexibilitat i romandre estàtics durant tot el procés de dosat.



3-Màquina de dosificació variable

6- Introducció

- Les màquines giraran sobre si mateixes durant hores pel que s'han de muntar sobre dos anells col·lectors. Un d'ells muntat normalment en la part inferior de la màquina, per als senyals elèctrics, i un per a la hidràulica -en la part superior de la mateixa- per al líquid a dosar. Els col·lectors elèctrics són utilitzats per a assegurar la continuïtat elèctrica entre dues parts d'una màquina o d'una instal·lació, una serà fixa i l'altra sotmesa a un moviment de rotació. Els col·lectors hidràulics garanteixen un moviment rotatori sense perdre pressió del líquid en els punts de dosatge.



4-Màquina rotativa de dosatge d'altura variable

2.3.-Explicació de la problemàtica de l'aplicació.

Si es vol tenir una màquina d'alta cadència de cicle continu, s'escollirà llavors una màquina d'ompliment rotativa i si s'han de controlar les esquitxades s'haurà d'escollir una màquina de dosatge a altura variable de manera que el dosificador estigués sempre a la mateixa distància del líquid dosat.

Això és senzill de resoldre amb sistemes mecànics quan es té una ampolla cilíndrica movent cap baix la base on es col·locarà l'ampolla a una velocitat constant, a mesura que es va omplint. Què passa si l'ampolla a omplir té una forma variable en l'altura? Succeirà que la distància del dosificador al líquid variarà perquè l'altura del mateix no tindrà una relació proporcional directa amb el volum dosat.

Per a resoldre el problema s'ha d'optar per moure cada dosificador (o cada ampolla en aquest cas) de forma independent prenent com a dades el volum dosat i establint l'altura a la qual ha d'estar l'ampolla. Es a dir s'haurà de tenir sincronitzat l'augment de altura del dosificador –que ara no serà constant- i la velocitat de dosatge.

Resoldre això de forma mecànica serà com a poc costós, ja que es necessitarà canviar les peces de transmissió del moviment cada vegada que es vulgui realitzar el dosat d'un altre tipus de format d'ampolla.

8- Introducció

3.-Eines disponibles.

Per resoldre aquesta aplicació es disposa d'eines típiques al món de l'automatització com són els controladors d'automatització programables , el control de servomotors, i panells d'operador. A continuació es fa una breu descripció de cadascun d'ells.

3.1.- Controladors d' Automatització Programables

Es definirà primer per què sorgeixen els PAC , que són i quins avantatges tenen envers la situació actual de les aplicacions a l'indústria.

3.1.1- Situació per la qual sorgeixen els PAC.

Actualment implementar una aplicació industrial moderna pot representar un repte ja que és necessari agrupar una sèrie de requeriments en una mateixa aplicació. S'entén que un sistema de control típic ha de treballar amb senyals de simples actuadors i sensors, no obstant per a les aplicacions modernes és solament el principi ja que cada vegada l'usuari d'aquestes aplicacions és més exigent enfront del tipus de comeses que ha de portar a terme la seva aplicació.

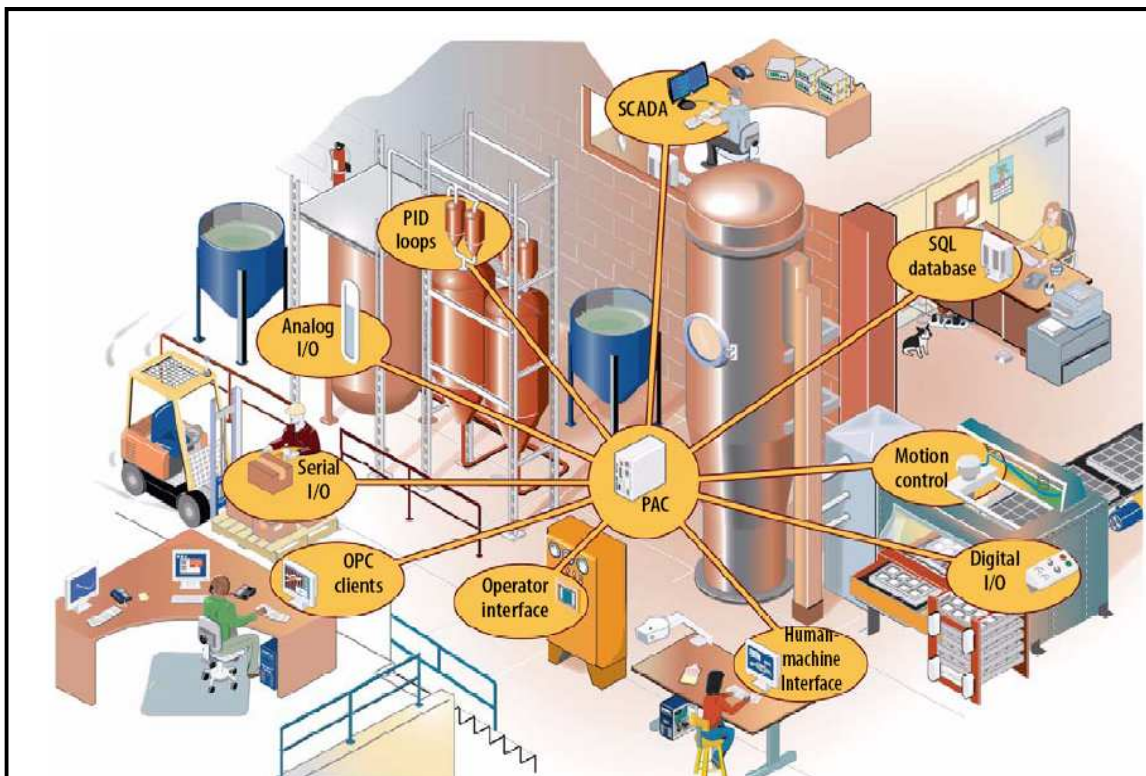
Característiques com: control avançat, connexió de xarxa, operacions entre dispositius i la integració de les dades són tasques cada vegada més exigides per l'usuari final.

Així doncs els PAC sorgeixen per a resoldre aquesta situació de la forma més integrada possible. Agrupant diverses disciplines i fent que la implementació de les aplicacions industrials i les seves funcionalitats siguin menys costoses i fàcils de portar a terme.

3.1.2.- Què és un PAC?

És una única plataforma amb múltiples funcions treballant en múltiples dominis incloent control lògic, control de moviment, drives, i control de procés. Pot realitzar qualsevol tipus de control, monitoratge i adquisició de dades.

Utilitza una única plataforma de desenvolupament utilitzant tags comuns i una base de dades comuna per a desenvolupar els diferents tipus de tasques. S'utilitza una mateixa interfície de programació per al desenvolupament de les diferents disciplines. Aquest entorn de desenvolupament integrat redueix el temps de desenvolupament de les aplicacions. Opera amb arquitectures modulars que s'assemblen a les aplicacions industrials.



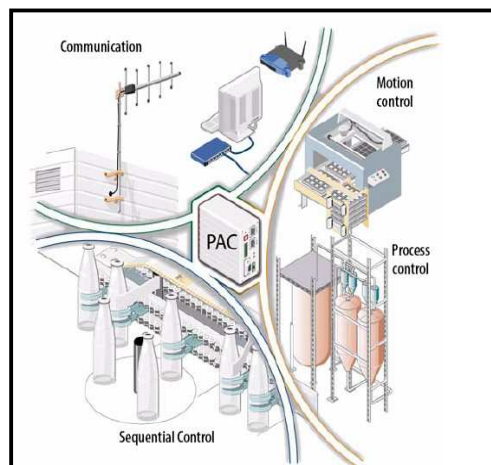
5-Exemple de PAC

3.1.3- Característiques d'un PAC:

Aquestes són les característiques d'un PAC :

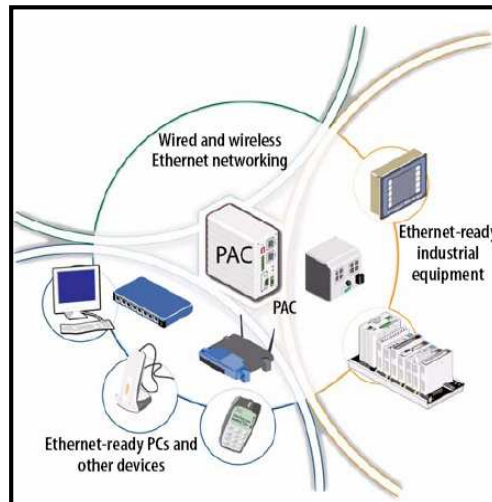
- **Multi funcionals** : Els PACS són capaços de tractar senyals de tipus digital, analògic i sèrie, molt comunes en qualsevol tipus d'aplicació industrial. Des de simples estats d'obert o tancat (On/Of) fins a complexos algorismes de control proporcional-integro-derivatiu (PID) per a controls de procés (control de temperatura) i realitzant també tasques de recollida de dades de tags de radiofreqüència. Disposa de diverses funcionalitats alhora.

-**Multi domini**: El mateix maquinari està preparat per a realitzar tasques d'adquisició de dades, monitoratge, i tot tipus de control (control de moviment, control de procés, etc...).



6-Capacitat multidomini

-**Comunicació oberta**: Perquè la seva integració planta-empresa sigui màxima i els seus costos d'implementació siguin mínims, els PAC utilitzen components i protocols molt comuns en la tecnologia de la informació. La xarxa Ethernet, entre d'altres és l'escollida per a aquestes comeses ja que el maquinari que requereix és significativament barat i és fàcil d'usar i entendre, no requereix un coneixement excessivament dedicat. Els protocols IP, TCP, UDP, FTP, SMNP i SMTP també són usats en els ordinadors corporatius fent que la integració sigui més simple i barata.



7- Exemple de Comunicacions d'un PAC

-Multi tasca: Els PAC poden treballar amb diferents tasques alhora .A més de controlar processos, que independentment estan llegint o escrivint sobre variables del sistema o dispositius, pot comunicar-se amb múltiples clients utilitzant diferents protocols de comunicacions estàndard. Tot això realitzant-se alhora.

- **Arquitectura modular:** Flexibilitat que permet l'adhesió o l'emplaçament d'entrades i sortides distribuïdes , deixant al controlador la tasca de control , comunicant amb els dispositius distribuïts quan és necessari i manant-li i rebent informació d'aplicacions client com una interfície d'operador (HMI) , clients OPC i bases de dades.

- **Intercanvi de dades:** Té la capacitat per a intercanviar dades amb dispositius i programari d'altres fabricants, el que fa que els costos d'integració disminueixin. Intercanvi de dades a través de OLE per a control de procés (OPC) per exemple, fa més simple la lectura i escriptura cap a mòduls d'entrades i sortides i variables de dispositius d'altres fabricants.

-**Entorn de desenvolupament integrat (IDE):** El programari integrat utilitzat amb els PAC redueix el temps de desenvolupament i de manteniment d'un projecte de forma

significativa així com tenir una sola base de dades, que és creada quan es construeix el programa de control lògic, disponible per a desenvolupament d'una interfície d'operador o per al moviment de dades a través de clients OPC o bases de dades SQL. El disseny sintàctic d'instruccions de programació en anglès ajuda a simplificar el desenvolupament i manteniment.

3.1.4 -Avantatges d'un PAC

Entre els avantatges d'un PAC es pot destacar:

- Tenir un únic controlador per a les múltiples funcions i múltiples dominis.
- La capacitat d'afrontar canvis complexos de forma barata i ràpida.
- La seva arquitectura modular millor les nostres capacitats d'ampliació i les fa més simples.
- La interconnexió i capacitats de comunicació uneixen sistemes dispars i proporcionen dades més exactes i oportuns. El cost de sistema total disminueix, perquè el maquinari integrat i la programació són menys cars, i perquè redueixen el temps d'integració i el desenvolupament.
- El disseny modular millora el rendiment econòmic del sistema.

3.1.5 -Exemple de PAC

El Sistema ControlLogix de Rockwell Automation es un exemple de PAC , ja que pot complir amb totes les característiques esmentades anteriorment de forma modular.



8 Sistema ControlLogix

3.2.- Sistemes de control de moviment.

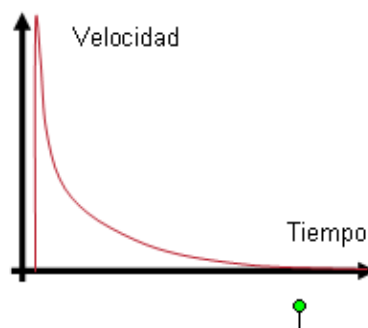
Si s'entén moviment com l'acte o procés de canviar de posició, i control ,com el poder o autoritat per a guiar o coordinar, es podria definir el control de moviment com la capacitat de dirigir un canvi de posició.

3.2.1.- El perfil de posició.

Una aproximació més propera al control de moviment ens la dona la comparació amb un variador de freqüència convencional. Aquests variadors de freqüència convencionals generen una senyal d'una freqüència determinada en funció d'una consigna. Consten d'un pont rectificador que genera una senyal de tensió continua y un ondulator per generar la senyal a la freqüència desitjada.

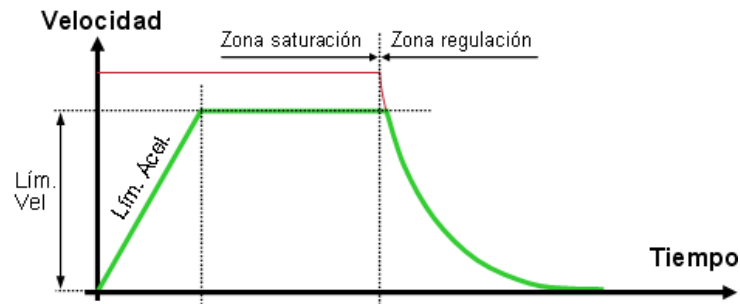
En les aplicacions que es necessita certa precisió en la velocitat es pot alimentar aquest variador amb una senyal provinent de l'encoder del variador. D'aquesta manera es poden corregir els diferents errors deguts a motius mecànics però també elèctrics.

Els últims anys han aparegut també variadors de freqüència amb la capacitat de realitzar posicionament. Realitzen un control que, tot i que pot ser útil en algunes aplicacions- dista molt del que es pot esperar d'un control de posició. Però el que fan és alguna cosa semblant al que es mostra a la següent imatge:



9-Gràfica Velocitat-Temps

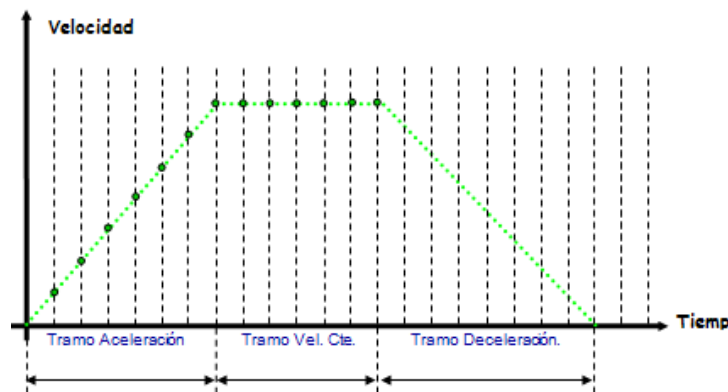
Lògicament, la física i té el seu a dir i no podem tenir acceleracions infinites ni velocitats extremadament elevades, per el que hem de retallar la corba com es mostra a la següent imatge:



10-Gràfica límits Velocitat-Temps

Com es pot observar en aquesta imatge, a mesura que l'error de seguiment va disminuint la velocitat disminueix exponencialment donant lloc a posicionat molt lent. A més, durant aquest posicionat ens trobem amb una consigna de posició fixa que ens deixa molt poc marge per aplicacions de coordinació o sincronització de moviments.

Quan parlem de control de moviment estem parlant de tecnologies que parteixen del que s'anomena un perfil de posició. Aquest perfil no es genera amb una única posició si no que és el seguit de punts per el que ha de passar el motor en el que estem treballant. Es a dir , ja no es té un sol punt de finalització sinó que es té tot el perfil , tota la trajectòria del motor en una sèrie de punts que indiquen la posició.



11-Gràfica 2 Velocitat-Temps

Com es pot observar, ara es tanca el llaç de regulació de posició moltes vegades amb consignes diferents. Es tindrà un control en temps real de la posició i la velocitat a la que ha d'estar l'eix. Això permet fer moviments amb molta més dinàmica (a més de treballar amb motors amb rotor d'imants permanents que ja facilita aquesta feina) i donarà la possibilitat de treballar amb diferents eixos aconseguint sincronismes o interpolacions amb unes precisions extraordinàries.

Per al control de moviment existeixen en el mercat diferents alternatives. Es distingeix normalment entre aplicacions de Control Numèric i aplicacions d'automatització convencional. Les primeres tenen uns requisits de precisió molt majors però les següents solen ser més restrictives pel que fa a temps de cicle.

Per a l'automatització si troben dos tipus de solució. La primera cedeix al variador la possibilitat de generar el perfil de posició i amb la segona es necessita d'un control de nivell superior que realitzi aquesta tasca.

Els equips que tenen la capacitat de generar el seu propi perfil de posició s'utilitzen per aplicacions d'eixos independents o quan les necessitats de sincronització no són massa restrictives. Així, en un robot cartesià, podríem utilitzar tres variadors independents donant la senyal de marxa a cada un dels servos en el moment adequat. El resultat no seria massa semblant a una interpolació però podria ser prou per resoldre-la si la trajectòria seguida no fos crítica.

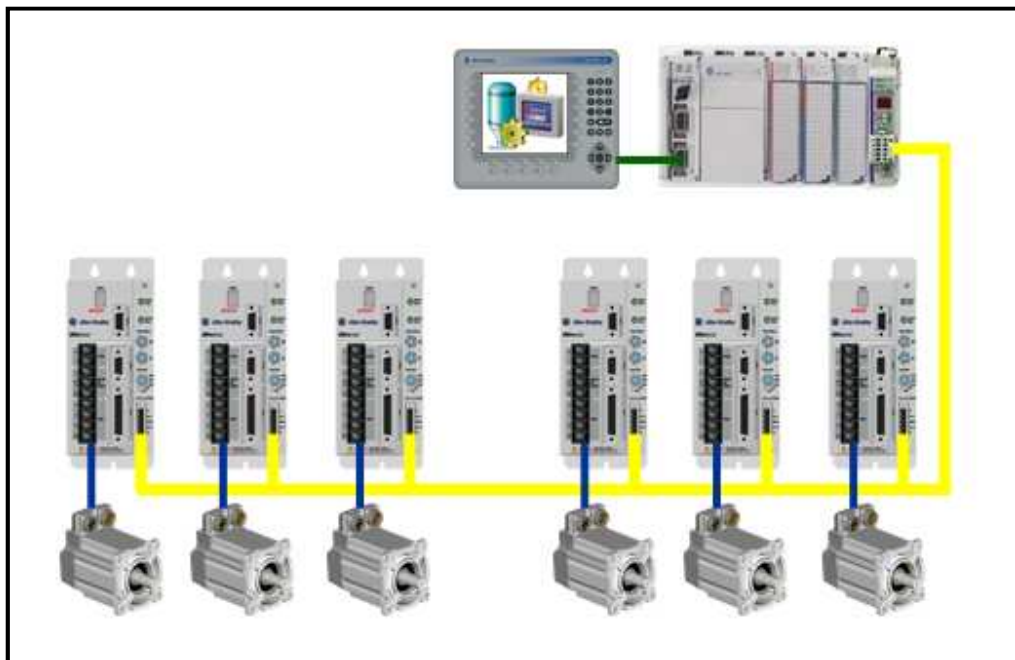
Pel contrari, quan cedim els perfils de posició a un control de nivell superior (ja sigui autòmat o control d'eixos dedicats) podem controlar en tot moment la posició de tots els eixos. Així, el mateix robot cartesià ens podria dibuixar la trajectòria que nosaltres volguéssim si un control específic controlés la trajectòria de cada un dels eixos.

3.2.2- Sistemes de control de moviment autònom o independents.

En aquest cas l'autòmat simplement dóna una consigna de posició final i una ordre de marxa. El servo s'ha de generar el perfil de posició i tancar-se els tres llaços de regulació ell mateix (posició, velocitat i parell).

En aquestes aplicacions s'arriben a les mateixes dinàmiques que en les resoltes amb tecnologies més avançades però no permeten la sincronització o la coordinació d'eixos. Es tracta d'una solució per a posicionats independents.

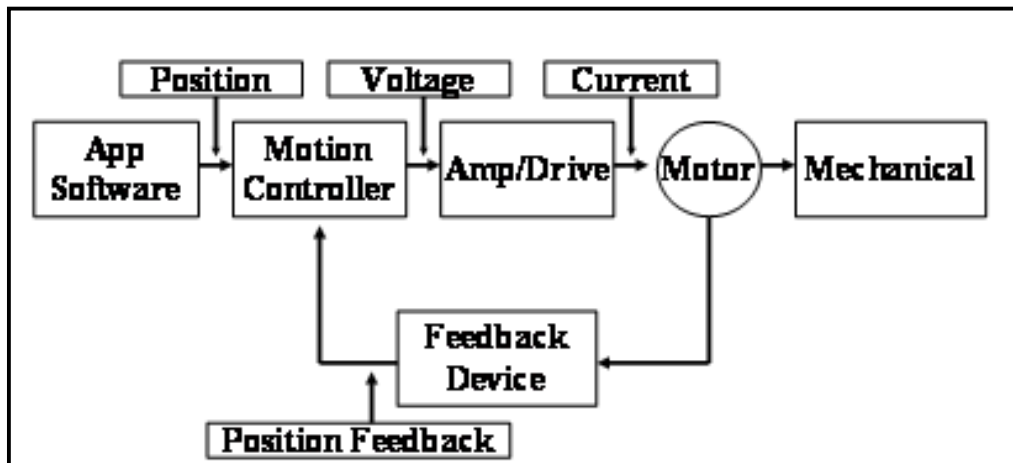
Com a norma general son aplicacions més econòmiques donat que el control de nivell superior pot ser de prestacions molt limitades.



12-Exemple d'arquitectura de control de moviment autònom

3.2.3.- Sistemes de control de moviment integrats.

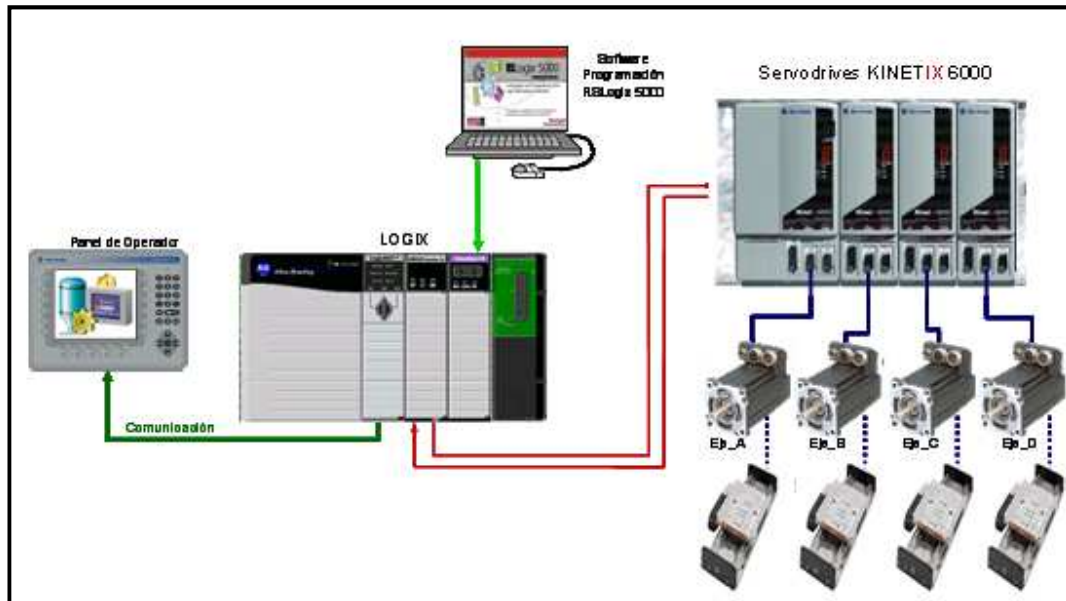
En aquests sistemes l'equip de control superior- ja sigui autòmat o control d'eixos dedicats- és qui genera el perfil de posició i tanca el llaç de regulació de posició deixant al servo els llaços de regulació de velocitat i de parell. El drive solament controla velocitat i/o parell, la seva informació d'entrada és una consigna, analògica o digital de parell o velocitat. Mitjançant aquesta consigna el drive farà que el motor giri a la velocitat requerida .Si el que es vol és controlar la distància o el recorregut de l'eix del motor, és a dir la seva posició es necessitarà un control de moviment que doni les ordres precises al drive i aquest al motor.



13-Esquema del control de moviment integrat

Aquests equips cedeixen part del control a l'autòmat amb el que es poden realitzar moviments coordinats (interpolacions) o sincronitzacions entre diversos eixos.

Per norma general son solucions una mica més cares donat que les prestacions del control han de ser bastant superiors. Cada cop existeixen més solucions semblants al mercat però el primer equip en fer-ho integrat a l'autòmat va ser el PAC ControlLogix amb la capacitat de controlar fins a 32 eixos amb una sola CPU.



14-Exemple d'arquitectura amb control de moviment integrat

Mentre que amb les tecnologies de servomotors independents només es pot realitzar posicionats senzills o moviments a velocitat constant (algunes tecnologies permeten la sincronització amb un factor constant) amb tecnologies com aquestes de control integrat es poden realitzar interpolacions i el que s'anomenen PCAM (relació variable de posició mestre/esclau que s'explica més endavant).

3.3.- Equips per la edició de receptes (fórmules) o formats.

Recepta és un terme mal usat en la indústria. Sobretot en màquines s'utilitza per a referir-se una fórmula. Una recepta són fórmules més procediments. Sovint es fa referència a les receptes quan es treballa amb un procediment únic pel que s'hauria d'usar el terme fórmula o format.

Les aplicacions d'aquest estil necessiten l'edició de formats per a poder utilitzar diferents ampolles i tenir la possibilitat de memoritzar les ja realitzades o afegir-ne de noves. L'edició

d'aquests dissenys i formats ha de ser portada a terme per l'usuari, doncs serà qui decideixi quin tipus de forma o estructura vol que tingui la seva ampolla. Per a això s'utilitzarà un interfície entre l'usuari i la màquina que ens permeti l'edició d'ampolles o recipients en funció de les necessitats i requisits.

Les sigles HMI (Human Machine Interface, és a dir un interfície entre Humà - Màquina) descriuen aquest tipus de funcionalitat. Ens dota de la possibilitat d'interactuar amb la màquina o procés a controlar.

Els HMI tenen diverses funcionalitats:

- Monitoratge: Habilitat per a obtenir i mostrar dades de processos en planta en temps real.
- Supervisió: Aquesta funció permet modificar les variables i condicions del procés
- Alarmes: És la capacitat d'alertar d'esdeveniments en el procés sobre la base de límits establerts

Mitjançant aquests dispositius es pot modificar variables d'un procés. Per tant ofereix la capacitat d'editar fórmules i formats a l'usuari localitzat lluny del procés o màquina. La capacitat d'edició vindrà donat en base a un previ disseny de les pantalles del HMI.

Per guardar els dissenys portats a terme de forma segura pot optar per un ordinador industrial o guardar-les a propi controlador tenint en compte la capacitat de memòria del mateix.

4.- Detall aplicació a resoldre.

Donat que les màquines rotatives amb dosatge a altura variable ofereixen millors prestacions en el dosatge i milloren la cadència , es desenvoluparà l'aplicació en base a aquestes especificacions. La màquina constarà dels següents apartats:

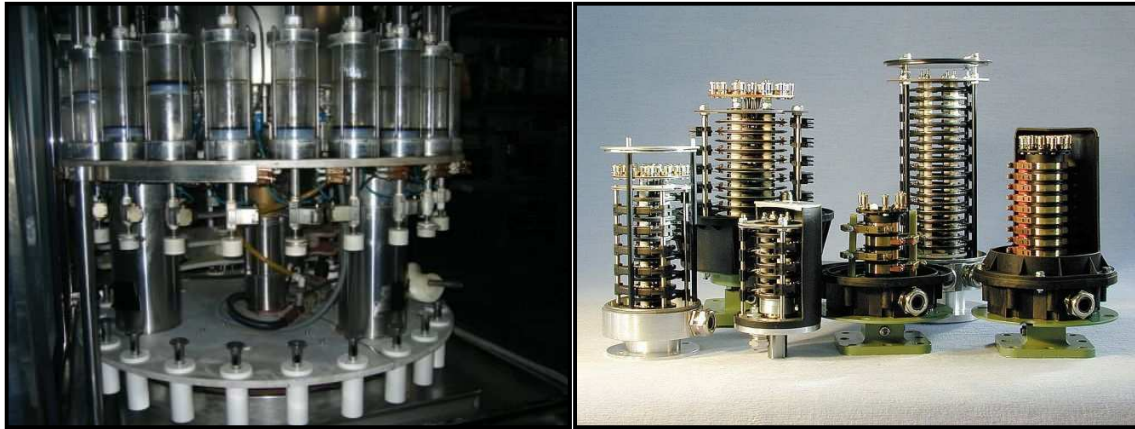
- Tambor central
- Dosificadors/Bomba hidràulica per l'ompliment de les ampolles
- Servomotors pel control de l'altura de la ampolla.
- Terminal d'operador per la edició dels formats.
- Conjunt de entrades/sortides per la gestió d'entrega/sortida d'ampolles , control del procés de dosatge i control de qualitat.
- Sistema de seguretat.
- PAC pel control de tota l'aplicació.

4.1- Tambor central controlat per motor asíncron.

És la part central de la màquina on es portarà a terme el dosatge del producte. El tambor serà una peça circular amb plats en els seus extrems per a permetre l'entrada de les ampolles. En funció de quants dosificadors es tingui la forma del tambor central serà diferent, en el cas d'aquesta aplicació seran fins a 32 dosificadors. El tambor subjectarà les ampolles sobre el plats/bases durant la seva trajectòria circular. El tambor girarà a velocitat constant durant el dosatge fent que aquesta tasca sigui continua. Permanentment aquestes ampolles aniran entrant i sortint del tambor seguint la seva trajectòria circular. Entraran per una cinta transportadora i sortiran per una altra.

Donat que és una part giratòria el subministrament de potencia pel motor s'haurà de fer mitjançant anell col·lector. Es imprescindible fer-ho així ja que el tambor estarà girant durant hores i qualsevol tipus de cablejat es inviable. El motor asíncron estarà controlat per un

variador de freqüència col·locat a la part interna del tambor , el qual girarà amb ell durant el seu funcionament.



15- Exemple de la part central rotativa o tambor i dels anells col·lectors

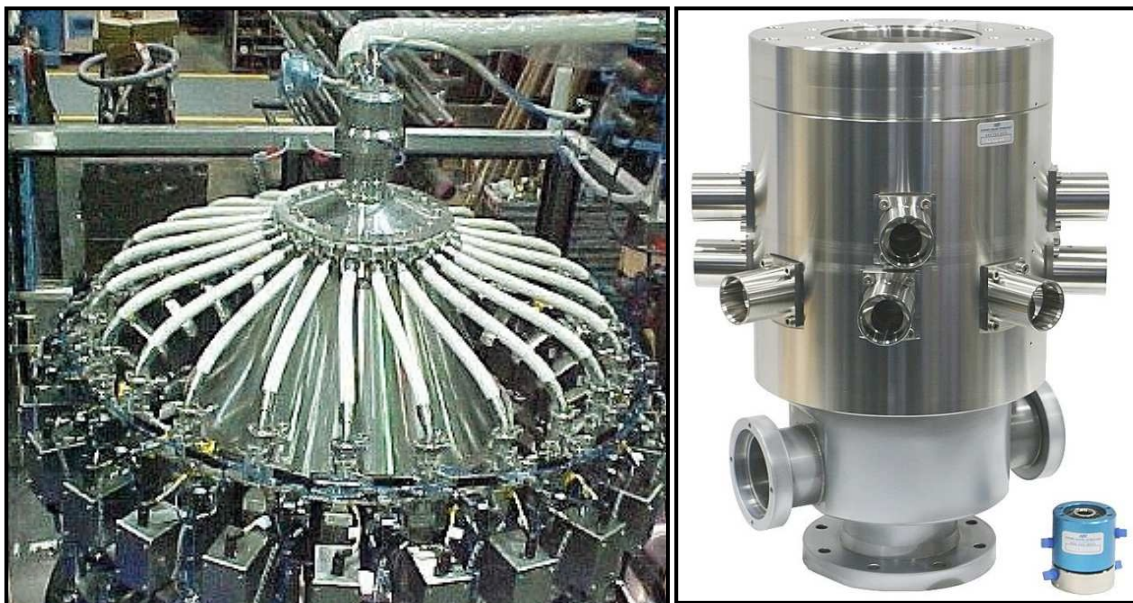
4.2.-Ompliment d'ampolles.

L'ompliment es portarà a terme a part superior del tambor. Es disposa d'una bomba hidràulica que subministra pressió per a tots el dosificadors de la màquina. En funció de la capacitat del tambor es tindrà més o menys dosificadors controlats per vàlvules que permetran -quan es compleixin les condicions- el pas del líquid. Es necessitarà un cabalímetre a cada punt de dosatge per mesurar la velocitat del dosatge. Aquest cabalímetre donarà una senyal analògica amb el valor en polsos/mil·lilitres de la velocitat del líquid que el travessa,serà una mena d'encoder hidràulic per obtindre un feedback de la velocitat a la qual s'està fent el dosatge.



16-Cabalímetre per els dosificadors

La part superior també ha de ser rotativa per tant necessitem un col·lector hidràulic per oferir capacitat giratòria a tots els dosificadors mentre que l'extrem del circuit que alimenta la bomba hidràulica romandrà estàtic. El tambor girarà amb els filtres sense perdre pressió degut a col·lector hidràulic col·locat a la part superior. A mesura que hi hagi més ampolles a dins del tambor de dosificació la pressió disminuirà fent que el dosatge sigui més lent, per això es necessari que els cabalímetres indiquin en tot moment la velocitat a la qual esta sortint el líquid sinó la sincronització no es possible.



17- Exemple de la part hidràulica del sistema

4.3.-Servomotors per controlar l' altura de l' ampolla.

Per portar a terme la tasca de dosat es necessita de servomotors i servodrives que mitjançant el controlador realitzaran les tasques de control de moviment de les bases de cada ampolla.

Per cada ampolla que tinguem dins del tambor es necessita un servomotor que mogui de forma vertical la base on anirà col·locada l'ampolla, per això serà necessari transformar el moviment rotatiu en lineal. Aquest servomotor controlarà la posició de l'altura en funció del volum, serà

un eix esclau del volum dosat per aquell dosificador. Estarà fixat a la peça rotativa de la màquina.

Es necessita que aquests eixos estiguin sincronitzats amb cada dosificador de manera que mitjançant la informació del cabalímetre es pugui posicionar al lloc correcte. De no fer-se així el líquid podria atrapar el dosificador entrant en contacte a la possible brutícia o residus que aquest hagi pogut acumular o fins i tot amb bactèries adherides.

És la part més important de la màquina juntament amb el dosatge del líquid. De la sincronització correcte d'aquestes dues parts en depèn l'èxit de la aplicació i en definitiva de l'amortització de la màquina, ja que si s'ha de rebutjar part dels productes per errors en el dosat repercutirà de manera negativa en la rendibilitat econòmica de la màquina.

4.4.- Terminal d' operador per la edició o generació de formats.

La màquina esta dotada un terminal d'operador col·locat a la carcassa de la màquina per la edició i generació dels formats de les ampolles. Això afegeix a la màquina versatilitat i facilita els seus canvis a peu de màquina. També aporta funcionalitat de maniobres i control de màquina.

Permetrà l'operari la edició a peu de màquina de les ampolles que es desitgi dosar, de la supervisió del dosat mitjançant alarmes d'avis, de la visualització del procés de dosat i facilitarà tasques de manteniment.

També aportarà diagnòstics de tot el hardware instal·lat a la màquina així com dades de producció (nombre d'ampolles, hores de funcionament, quantitat d'ampolles rebutjades, etc..)

4.5.-Sensors i Actuadors de la màquina.

La màquina estarà dotada d'un conjunt d'entrades i sortides que facilitaran i milloraran el procés. El control de l'entrega/sortida d'ampolles de les cintes transportadores -que alimentaran el sistema de dosatge- estarà portat a terme pels sensors i actuadors distribuïts per la màquina. També s'inclouen sensors per la comprovació de la qualitat del dosatge i sensors i actuadors per la realització del dosatge.

Les ampolles accediran a la zona de dosatge mitjançant cintes transportadores, aquestes cintes estaran alimentant el tambor de dosatge contínuament. L'entrega de les ampolles es farà cada cop que es tingui un dosificador lliure passant per davant de la cinta de aprovisionament de ampolles buides, per tant es necessitarà d'uns sensors i actuadors per realitzar la tasca d'entrega de l'ampolla. Un cop dins l'ampolla serà omplerta de líquid, les ordres d'ompliment estaran acompanyades del posicionament de l'ampolla a la distància correcta, de l'obertura de la vàlvula de dosat, tancament de la vàlvula, d'una senyal de finalització de dosat, d'un control de qualitat mitjançant sensors de presència de líquid ..etc.. Tots aquests sensors i actuadors formaran part de la màquina i faran que aquesta segueixi una lògica de funcionament establerta pel controlador.

Aquests sensors i actuadors estaran situats dins de la peça rotativa, per tant no caldrà reservar canals de subministrament elèctric dins de l'anell col·lector.

4.6.- Requisits de seguretat

Aquesta màquina haurà d'incorporar els dispositius o mecanismes necessaris per tal de tenir un funcionament segur i protegir als operaris dels riscos que pugui ocasionar.

Totes les parts mòbils de la instal·lació estaran protegides per zona tancada a la que no podrà accedir l'operari mentre la màquina es trobi en funcionament. Quan l'operari hi vulgui accedir per realitzar diverses tasques de manteniment, els diferents motors quedaran lliures de l'alimentació de potència per evitar imprevistes postes en marxa.

Si durant el funcionament normal de la màquina l'operari intenta accedir a la zona protegida es realitzarà una parada controlada de la instal·lació parant els motors aplicant una rampa i lliurant-los d'alimentació de potència un cop siguin aturats (parada categoria 0).

Per tal de saber que l'aplicació està tancada i evita l'accés de l'operari a la zona protegida es disposarà d'uns interruptors de seguretat a les diferents portes. La màquina també disposarà de diversos polsadors d'emergència (vermells sobre fons groc) per tal de facilitar l'aturada de la mateixa en el menor temps possible.

4.7.-PAC pel control de tota la aplicació.

La màquina inclourà un PAC que integri tots els tipus de control necessaris i realitzi les tasques d'adquisició de dades i monitoratge. El controlador integrarà tasques de control de procés i control de moviment i seguretat de la màquina, a més gestionarà els diferents dispositius abans esmentats per que la màquina realitzi un correcte funcionament.

5.- Solució adoptada.

Per portar a terme el tipus d'aplicació descrita en el capítol anterior s'opta per una plataforma ControlLogix per controlar els 32 eixos corresponents als dosificadors de cada ampolla. Aquests eixos seran físicament servodrive i servomotors de Rockwell Automation S.A. El control de tot el hardware esmentat a anteriorment es realitzarà amb el software RS Logix 5000 i Factory Talk Machine Edition de Rockwell Automation S.A.

La programació de tot el hardware que aquesta màquina incorporà no es l'objectiu d'aquest projecte. Es donaran unes pautes de treball alhora de resoldre aquest tipus d'aplicació.

Primer es definirà un sèrie de conceptes previs per comprendre la solució aportada i seguidament es passarà a la descripció dels apartats que serviran com a guia com son l'anàlisi del disseny de les ampolles, la gestió dels dissenys , la creació dels perfils de trajectòria dels eixos en base als dissenys de cada ampolla , l'arquitectura de comunicacions que seguirà el hardware de la màquina i una descripció dels dispositius de seguretat implementats a la maquina per complir la normativa.

5.1.- Conceptes previs.

Primer es fa una breu descripció de conceptes de la programació de les eines escollides per portar a terme la solució.

5.1.1.- Eix real / Eix virtual.

El concepte d'eix és una mica més complex que la definició de sistemes mecànics i elèctrics que ofereixen un moviment. S'entén per eix una funcionalitat complexa que implica aquests mateixos sistemes i a un determinat comportament. Així, un eix comportarà també l'ús d'unes unitats d'enginyeria (i no solament polsos d'un encoder), un funcionament lineal o rotatiu, una rutina determinada per al referenciat, un comportament determinat davant fallides i uns límits de funcionament correcte (com el límit d'error de seguiment).

Un eix real és aquell que aplica aquest comportament a un motor i que d'alguna manera ho regeix. Aquests eixos estan subjectes a unes regles físiques i elèctriques i tenen per això certes imperfeccions com variacions en el seu comportament per variacions de càrrega, soroll elèctric o friccions mecàniques.

Un eix virtual és, en canvi, de funcionament perfecte. Es tracta d'aplicar aquestes normes de comportament citades abans a un moviment no afectat per sorolls elèctrics ni variacions mecàniques o de càrrega. S'utilitzen moltes vegades en automatització com punt de referència per a la sincronització de diversos eixos a manera de rellotge de temps (amb un significat físic més assimilable que el concepte gairebé filosòfic del temps).

Així els eixos virtuals van començar a ser utilitzats en les denominades aplicacions de Printing quan es van substituir els robusts i poc flexibles sistemes mecànics (en el que tots els eixos estaven lligats a un únic motor per engranatges mecànics) per un eix virtual que representava l'avanç constant del paper.

Aplicacions dels eixos virtuals.

- a) Mestre sense errors: els eixos virtuals solen ser utilitzat sobretot com mestre de tots els eixos que han de treballar sincronitzats en una aplicació. Fins i tot havent un mestre clar per a la resta se sol configurar també aquest com esclau del virtual per a evitar l'acumulació d'errors.
- b) Com referència de marca mòbil en aplicacions de tall de paper o cartró imprès.
- c) Com a representació de l'avanç de material en aquelles aplicacions amb més d'un eix de tir.

Ús d'eixos virtuals en aquesta aplicació.

Com s'ha vist anteriorment hi ha dues formes de controlar el perfil de posició d'un eix:

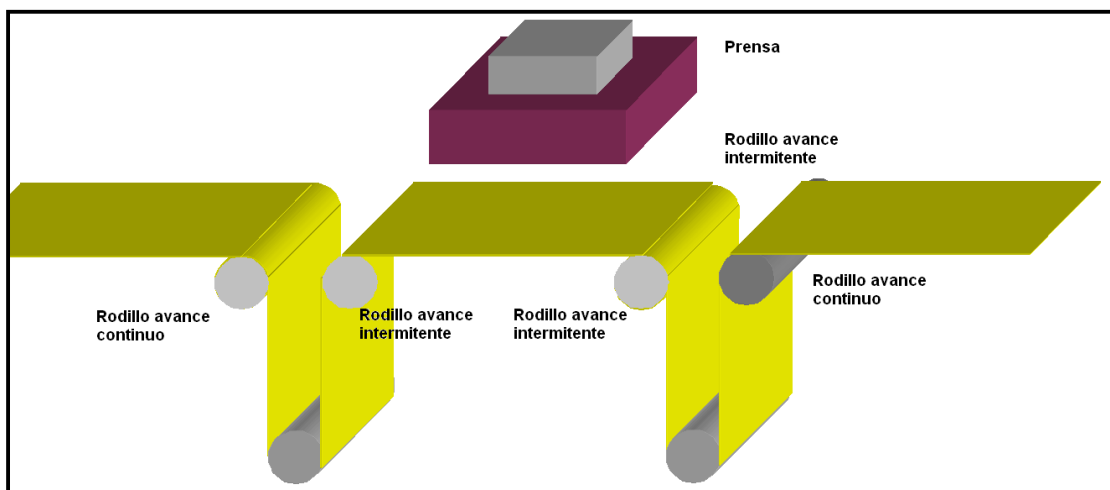
deixant-lo en mans del variador o controlant-lo directament en l'autòmat. La primera opció no ens permet l'ús d'eixos virtuals i la segona sí.

En aquest cas s'usarà per a representar el volum dosat sobre un recipient. D'aquesta manera, podrem utilitzar aquest eix virtual com referència per al moviment d'altres eixos, com en aquest cas, el moviment vertical de l'ampolla o el dosificador.

Això ha de fer-se d'aquesta manera perquè el perfil de posició d'un eix no pot modificar-se dinàmicament amb la mateixa precisió que podem obtenir si ho planifiquem.

5.1.2.- Sincronització de lleves electròniques

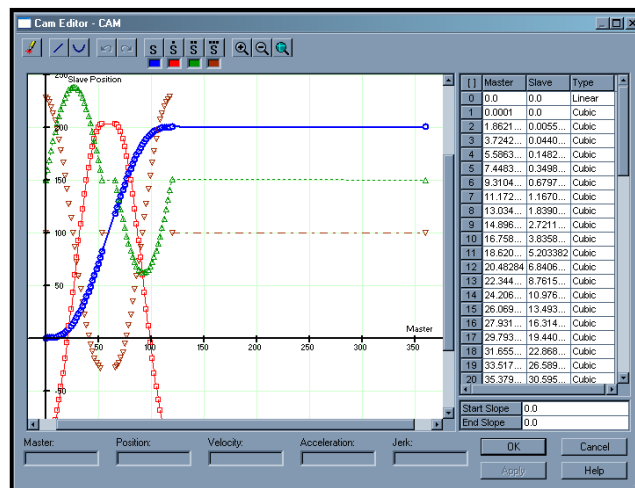
Les PCAMs són l'equivalent electrònic a les antigues lleves mecàniques i s'utilitzen per a aplicar perfil de posició d'un eix en funció de la posició d'un altre. Aquestes PCAMs es poden utilitzar tant amb eixos reals com virtuals.



18-Exemple de PCAM

En aquest cas tenim una aplicació que pot ser de cicle continu però que té una part com és la premsa que clarament no ho és. Podem relacionar de forma molt senzilla els eixos anterior i posterior a la premsa amb l'avanç del material estant en moviment sols durant una part del cicle.

Per descomptat, el bucle de material abans i després de la premsa serà variable i la velocitat màxima dels eixos discontinus serà sempre superior a la velocitat màxima dels eixos de moviment continu doncs l'avanç de material ha de ser al final, el mateix en tots els eixos.



19-Exemple de relació entre eixos al programa Rslogix5000

5.1.3 Add-on Instruction

Una Add-on instruction és una porció de codi reutilitzable. Permet la possibilitat d'encapsular aquesta porció de codi per a posteriorment ser utilitzada com instrucció. Aquesta característica garanteix un estalvi de temps quan es programen estructures de codi repetides vegades, proporciona seguretat i consistència en els projectes degut al fet que evita errors de programació i asseguren un funcionament igual independentment de qui aquest implementant el projecte.

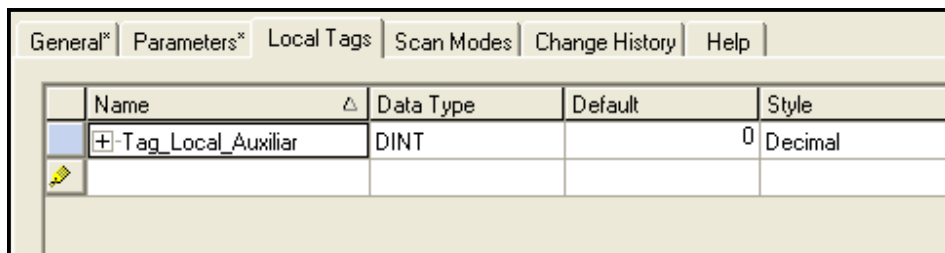
A més proporciona expansió modular del projecte ja que es poden afegir tants mòduls de Add-

on instruction com siguin requerits sense haver de modificar l'estructura de programació.

Aquesta instrucció tindrà paràmetres d'entrada, paràmetres de sortida i paràmetres interns auxiliars per a realitzar totes les operacions que es desitgin. Quan s'executi la instrucció add-on, ella assignarà les entrades que s'hagin col·locat als seus tags d'entrada i executarà el codi obtenint el resultat en els seus tags de sortida assignats a les sortides.

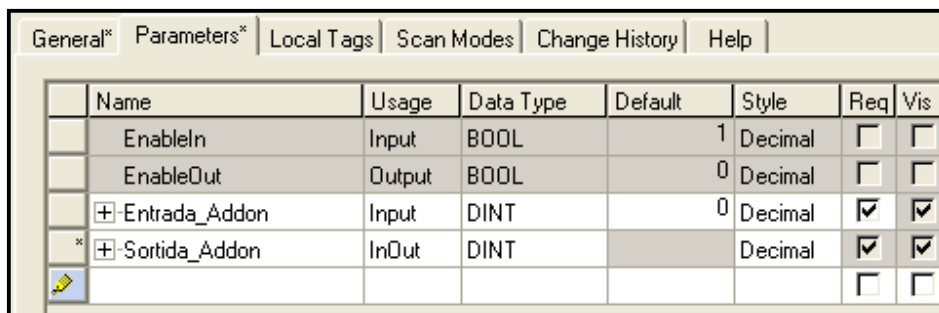
Quan es creïn els tags del add-on s'haurà tenir en compte diverses coses:

-Definir si són paràmetres d'entrada/sortida o Locals.



20-Exemple de la pantalla de creació dels tags a RsLogix5000

-Tipus de dades que s'assignaran al tag – (Sencer, real etc...)

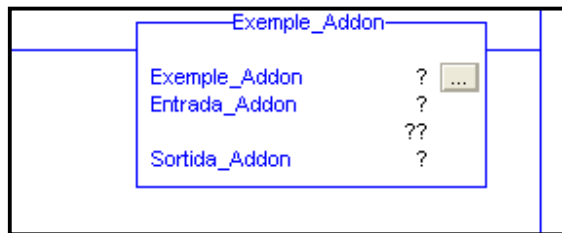


21-Exemple de la pantalla de creació dels tags a RsLogix5000

-Definir si seran dades de Entrada o Sortida.

-Marcar els tags com visibles per que es puguin veure com paràmetres d' entrada o sortida a la instrucció add-on.

Així es veuria la instrucció sent utilitzada com a bloc de codi amb la seva entrada i la seva sortida.



22-Exemple de la pantalla de creació de la lògica de control a RsLogix5000

Es trobarà l'add-on com qualsevol instrucció utilitzable, podent recórrer a ella cada vegada que es precisi per a realitzar la tasca programada en el seu interior.

5.2.- Edició i generació de formats.

No totes les ampolles són iguals, hi ha de diferents tipus, grandàries i formes. L'objectiu és poder editar o generar gran quantitat de dissenys i formats en funció de les necessitats i obtenir una relació entre el volum dosat i l'altura del líquid dosat.

5.2.1.- Generació de formats

El primer pas és realitzar un estudi dels possibles dissenys de les ampolles més usuals.

En la indústria es poden trobar gran quantitat de formats i dissenys generalment orientats a fer

el producte atractiu al consumidor, fàcil de dur o fàcil de prendre són generalment aptituds buscades en una ampolla o recipient de líquid. Encara que és cert que unes altres no requereixen aquests requisits i són utilitzades per a contenir únicament el líquid i transportar-lo. Un bon exemple seria ampolles d'un mateix líquid de diferents quantitats, es necessitarà un disseny més adaptable a la mà humana en una ampolla de 1 litre que en una de 5 litres , fins i tot la de 5 litres estarà dissenyada amb un nansa per a poder carregar els 5 litres.

Dit això, veient el tipus d'ampolles usualment utilitzades en el mercat seria possible utilitzar una divisió per seccions de l'ampolla per a assemblejar aquestes, a figures geomètriques conegudes.

Cada secció de l'ampolla podrà tenir un disseny diferent. En funció dels tipus d'estructura que s'escolleixi per a cada secció es tindrà un disseny d'ampolla diferent .La modificació de les dades de cada secció modificarà la grandària i forma.

Es pot veure alguns formats d'ampolles per a tenir més clar aquestes estructures:



23-Exemple d'ampolles

Així bé, veient aquestes imatges es pot determinar que una ampolla podria estar formada per diverses seccions d'estructura tipus cilíndrica, quadrada o cònica. És necessari obtenir les formules de cada tipus d'estructura, per a tenir una relació del volum de líquid i la forma de l'ampolla.

- **Tipus d'estructura 1 - Prisma de base quadrada**

L'estructura en forma de prisma amb base quadrada és l'estructura bàsica en el disseny de recipients, es una estructura molt comú i formarà part d'alguna secció del recipient en molts dels casos. Es necessita conèixer diferents paràmetres per a crear la fórmula d'aquest tipus d'estructura. La relació entre el volum dosat i l'altura serà lineal, el increment punt a punt serà sempre serà constant.

(Els càlculs de la fórmula es troben al annex I)

- **Tipus d'estructura 2 - Prisma de base triangular**

A l'estructura de prisma de base triangular, la relació entre el volum i l'altura vindrà donada per de l'àrea de la base triangular augmentant proporcionalment amb l'altura. Respecte a l'àrea del triangle base dependrà de 2 variables: La base del triangle i l'altura del mateix. Amb aquestes dades es pot crear una relació entre el volum dosat i l'altura del dosificador. Els valors seran lineals degut al fet que la base superior i la inferior romandran durant tot el dosat iguals.

(Els càlculs de la fórmula es troben al annex I)

- **Tipus d'estructura 3 - Prisma de base regular**

El prisma de base regular inclou totes les formes geomètriques regulars des del pentàgon fins al nombre de costats que nosaltres escollim, aquest tipus d'estructura és molt útil ja que ens dona gran versatilitat per a crear diferents dissenys. En aquest tipus d'estructura les bases inferior i superior del tram de secció romanen iguals pel que la relació de valors de l'altura i volum serà lineal.

(Els càlculs de la fórmula es troben al annex I)

- **Tipus d' estructura 4 – Cilindre**

Igual que el tipus d'estructura 1 aquesta serà molt comú en el disseny de recipients, sobretot en les seccions centrals o cos del recipient. El seu volum -com és habitual en el prisma- serà en funció de l'àrea del cercle que descriu en la base del prisma i l'altura del mateix.

(Els càlculs de la fórmula es troben al annex I)

- **Tipus d' estructura 5 y 7 – Con i con invertit**

El con serà una estructura molt útil per a les parts dels extrems del nostre disseny, és a dir es necessita una estructura que ens serveixi per a disminuir la secció del nostre disseny fins a valors més petits, degut al fet que alguns tipus de recipients exigeixen tenir una obertura correcta per al consum del líquid interior. El con invertit pot ser útil si es desitja donar-li un base més petita al recipient sense que perdi l'equilibri, a més que també ens servirà per a les seccions centrals del recipient per a crear un disseny amb un cos amb fàcil subjecció per a la persona que consumeix el líquid.

Cal destacar que es necessita la fórmula del tronc del con, i que els punts obtinguts amb aquests càlculs, no seran lineals ja que per a una determinada altura el radi superior del con serà diferent al radi en la part més alta. El valor del volum s'establirà com no lineal a causa de la variació del radi superior del con.

Així s'aconsegueix tenir el Volum en funció de l'altura solament, ja que tant angle com el radi inferior es mantindran constants. Aquesta relació de Volum i Altura no serà lineal i per exemple l'increment de volum disminuirà conforme s'incrementi el valor de l'altura del dosificador.

Respecte al con invertit, s'utilitzen els mateixos càlculs com si el con estigués en col·locat de forma normal, no inversa. Mitjançant càlculs previs i col·locant les dades de forma inversa s'obtindran els punts correctes per el con invertit.

(Els càlculs de la formula es troben al annex I)

- **Tipus d' estructura 6 y 8 – Piràmide i piràmide invertida**

Igual que el con, l'estructura piramidal que ens servirà per a les parts extremes del nostre disseny de recipient. És una variant al con que ens permetrà tenir altre tipus d'estructura i disseny sense perdre la funcionalitat de proporcionar un lloc d'obertura òptim de cara al consum humà.

La piràmide no és més que un prisma de base quadrada amb diferències entre la base superior i la inferior. Donat que la base superior no es manté constant durant l'augment d'altura la relació altura-volum no serà lineal.

(Els càlculs de la formula es troben al annex I)

5.2.2.- Dades associades a cada format.

Una vegada realitzat un estudi dels possibles formats i dissenys s'obté una sèrie de paràmetres necessaris per al disseny de qualsevol tipus d'ampolla i les formules per al càlcul de les variables necessàries per a fer un dosat progressiu.

Aquests paràmetres seran propis de cada forma geomètrica i pertanyeran a cada secció per separat. Per a algunes seccions alguns paràmetres no seran utilitzats però per d'altres seran imprescindibles. En funció del tipus d'estructura es tindrà un càlcul diferent. No obstant unint tots es podrà crear qualsevol tipus de secció d'ampolla analitzats anteriorment.

Cada secció tindrà:

Tipus d'estructura que determinarà quins tipus de càlculs s'han de realitzar per la obtenció de la relació de punts altura-volum dosat. Paràmetre sense unitats.

Costat 1 i Costat 2 seran paràmetres propis d'algunes estructures com el prisma de base quadrada . Les unitats del paràmetre seran mm.

L'altura serà l'altura màxima de la secció per tant serà un paràmetre usat en tots els tipus d'estructura. Les unitats del paràmetre seran mm.

L'angle serà usat per tipus d'estructura que no presentin linealitat en la seva relació de punts i determinarà l'angle que formen les parets de la secció amb el pla. Les unitats del paràmetre seran graus.

Radi inferior serà utilitzat per estructures circulars. Les unitats del paràmetre seran mm.

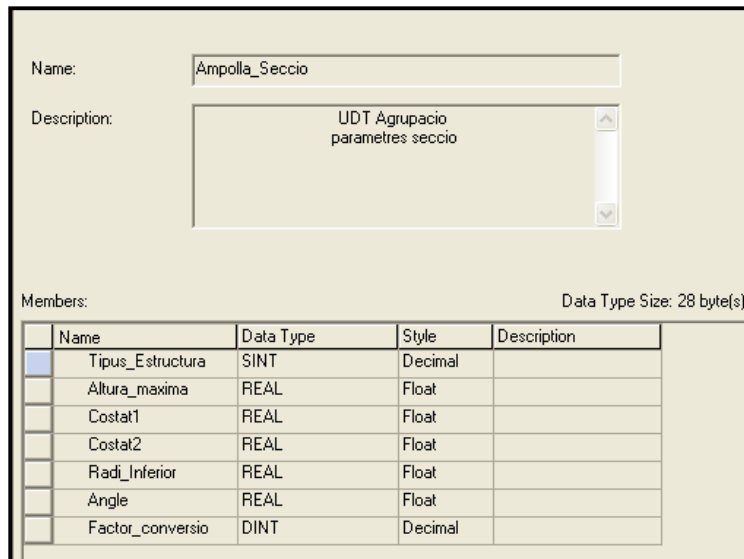
Mitjançant aquests paràmetres es podrà realitzar qualsevol càlcul per a trobar la relació entre l'altura i el volum del recipient. Cada secció tindrà la seva relació d'ompliment. Mitjançant Factor de Conversió es podrà modular el nombre de parelles de punts Mestre-Esclau. Serà un paràmetre sense unitats. A efectes de programa es crearà una UDT que englobi tots les dades d'una secció.

Les UDTs són tags amb una estructura definida per l'usuari, és a dir es poden agrupar diferents tipus de tags en un mateix tag. Així el tipus de tag secció serà una agrupació d'un conjunt de tags corresponents a cadascuna de les variables que es vulgui associar a aquesta estructura de tag. Així per exemple, cada vegada que es creï un tag de tipus secció, es podrà desplegar i veure cadascun dels paràmetres. És molt útil ja que ens permet estalviar temps de programació, evita errors al nomenar els tags i a més proporciona un fàcil accés a cadascun dels paràmetres identificant-los amb la seva estructura.

En aquest cas serà útil per a crear les diferents seccions del disseny de cada ampolla incloent

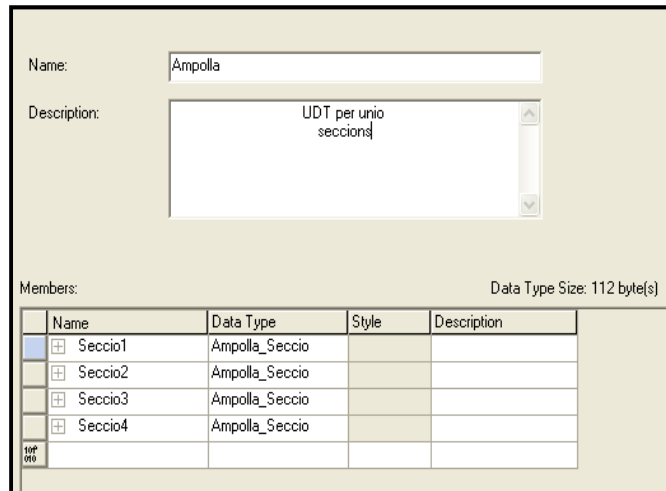
els paràmetres que s'han definit com indispensables per al càlcul del volum del líquid en relació a la seva altura.

Es crearan tal com es veu a continuació:



24- UDT de tipus secció

No obstant, cada ampolla tal com sigui definit anteriorment estarà formada per diverses seccions, per a la demostració del correcte funcionament de la solució aportada seran suficients 4 seccions diferents. Aquestes seccions estaran agrupades sota un tag de tipus Ampolla , aquest tag serà un UDT amb 4 tag definits en el seu interior , cadascun de tipus secció.



25-UDT de tipus ampolla

Si creem un tag de tipus Ampolla tindrem dins les diferents seccions i el paràmetres de cada secció.

Name	Alias For	Base Tag	Data Type
- Ampolla_Base			Ampolla
- Ampolla_Base.Seccio1			Ampolla_Seccio
+ Ampolla_Base.Seccio1.Tipus_Estructura			SINT
- Ampolla_Base.Seccio1.Altura_maxima			REAL
- Ampolla_Base.Seccio1.Costat1			REAL
- Ampolla_Base.Seccio1.Costat2			REAL
- Ampolla_Base.Seccio1.Radi_Inferior			REAL
- Ampolla_Base.Seccio1.Angle			REAL
+ Ampolla_Base.Seccio1.Factor_conversio			DINT
- Ampolla_Base.Seccio2			Ampolla_Seccio
+ Ampolla_Base.Seccio2.Tipus_Estructura			SINT
- Ampolla_Base.Seccio2.Altura_maxima			REAL
- Ampolla_Base.Seccio2.Costat1			REAL
- Ampolla_Base.Seccio2.Costat2			REAL
- Ampolla_Base.Seccio2.Radi_Inferior			REAL
- Ampolla_Base.Seccio2.Angle			REAL
+ Ampolla_Base.Seccio2.Factor_conversio			DINT
+ Ampolla_Base.Seccio3			Ampolla_Seccio
+ Ampolla_Base.Seccio4			Ampolla_Seccio

26-Tag de tipus ampolla

L'avantatge es que es te accés a aquests tags creats al controlador des de que qualsevol de les tasques que desenvoluparà el sistema.

5.2.3.- Guardat de formats.

Normalment quan en una aplicació es treballa amb molts formats es requereix d'un sistema d'emmagatzematge de dades extern pels problemes de limitació de memòria dels autòmats.

A nivell de programa tindrem un tag creat per a guardar els formats més utilitzats i poder-los carregar des de l'HMI. L'accés a aquestes dades només es podrà fer mentre el programa estigui en marxa.

[-] Format_Ampolla		Ampolla[50]	
[-] Format_Ampolla[0]		Ampolla	
[-] Format_Ampolla[0].Seccio1		Ampolla_Seccio	
[+] Format_Ampolla[0].Seccio1.Tipus_Estructura		SINT	Decimal
- Format_Ampolla[0].Seccio1.Altura_maxima		REAL	Float
- Format_Ampolla[0].Seccio1.Costat1		REAL	Float
- Format_Ampolla[0].Seccio1.Costat2		REAL	Float
- Format_Ampolla[0].Seccio1.Radi_Inferior		REAL	Float
- Format_Ampolla[0].Seccio1.Angle		REAL	Float
[+] Format_Ampolla[0].Seccio1.Factor_conver...		DINT	Decimal
[+] Format_Ampolla[0].Seccio2		Ampolla_Seccio	

27-Tag de tipus ampolla per a guardar els formats mes utilitzats

En el cas d'aquesta aplicació i amb els autòmats escollits no hauríem de tenir problemes de memòria però si volem protegir-nos davant una eventual pèrdua de dades a causa de fallades elèctriques, descàrrega incorrecta de programa o avaria de la CPU hem de buscar una solució, una forma d'emmagatzemar aquestes dades.

Per a això s'utilitza un recurs que no comporti molta complexitat però que realitzi les tasques de guardar i carregar dades eficaçment. Aquesta eina serà una full de càlcul Excel.

Es pot intercanviar dades entre el Excel i l'autòmat, aquest recurs servirà per a realitzar la tasca de guardat i carregat. La forma que es realitza la comunicació entre el Excel localitzat en el PC i l'Autòmat serà a través de Ethernet.

Mitjançant una comunicació de tipus DDE s'aconsegueix carregar/guardar dades des de o cap a l'autòmat. DDE són les sigles de Dynamic Data Exchange i és un mètode de comunicació entre dues aplicacions. Permet l'intercanvi de dades entre dues aplicacions mitjançant l'obertura d'una sessió entre elles. No obstant això per a emprar la funcionalitat del protocol DDE, s'ha d'afegir codi especial en cada aplicació client per a cada servidor que aquest vulgui controlar, o l'aplicació client ha de facilitar un llenguatge de script o macro. És a dir es necessita afegir codi per a poder realitzar les tasques de lectura i escriptura des de l'aplicació client, el Excel. El llenguatge utilitzat per a crear aquest codi serà VBA. Mitjançant la creació d'una macro que ens permeti actualitzar les dades en el Excel/Autòmat. El codi VBA creat serà assignat a un botó creat en el Excel.

S'utilitza l'estructura de cel·les de Excel para escriure els diferents tipus d'estructura d'ampolla i crear les seccions amb els seus diferents paràmetres per a cadascuna de les ampolles o recipients de la forma següent:

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Ampolla Tipus	Nom Parametres Peça	Dades					
2								
4	Secció1	Tipus_Estructura	8					
5		Altura_maxima	20					
6		Costat1	4					
7		Costat2	6					
8		Radi_Inferior	5					
9		Angle	85					
10		Factor de conversió	20					
12	Secció2	Tipus_Estructura	1					
13		Altura_maxima	20					
14		Costat1	5					
15		Costat2	5					
16		Radi_Inferior	0					
17		Angle	0					
18		Factor de conversió	20					
20	Secció3	Tipus_Estructura	1			TAG		TIPS
21		Altura_maxima	20			Tipus_Estructura		Sencer
22		Costat1	5			Altura_maxima		Real
23		Costat2	5			Costat1		Real
24		Radi_Inferior	0			Costat2		Real
25		Angle	0			Radi_Inferior		Real
26		Factor de conversió	20			Angle		Real
						Factor de conversió		Sencer

28-Format d'excel per el guardat/carregat de les dades

Aquests són els paràmetres que es necessiten per a ser capaç de crear ampolles i les seves relacions Volum i Altura. Es disposa de diversos fulls de Excel, per tant s'usaran per a diferents comeses. En la primera d'elles estarà l'Ampolla Base i des d'aquest full es guardaran/carregaran les dades de l'Ampolla que es vulgui tractar o que s'estigui tractant. Els altres fulls de Excel seran per a emmagatzemar aquestes dades obtingudes i guardar-los fins que siguin requerits.

5.3.- L' altura en relació del volum.

Quan es buida un líquid en una ampolla o recipient es pot veure com el valor de l'altura de la superfície del líquid va augmentant. Podríem dir que existeix una relació entre el volum de líquid que s'aboca en un recipient i l'altura de la superfície del líquid. Aquesta relació estarà afectada per la forma del recipient.

Si es disposa de suficients dades es pot saber el valor de l'altura a cada punt de volum dosat en el recipient. Obtenint una taula de sincronisme entre el valor del volum dosat i l'altura del líquid. Aquests valors guardaran una relació entre ells que alguns casos serà lineal i en uns altres no. Per tant l'altura del líquid respondrà en manera esclava a un augment del volum dosat en el recipient depenent de la forma del mateix.

Aquesta relació queda definida per les equacions explicades anteriorment i serveixen per a definir el comportament d'un eix vertical en funció d'un volum dosat.

Aquest eix vertical pot controlar-se com esclau d'altre eix però no d'una magnitud analògica pel que considerarem un eix virtual com representació del volum dosat i sincronitzarem ambdós eixos amb una PCAM (relació de sincronisme electrònica) elaborada com es detalla en el següent apartat.

5.3.1.- Add-on Instruction per la generació de PCAM's

Per a la creació de les parelles de dades Volum i Altura (PCAM) necessitarem un realitzar uns càlculs mitjançant les formules descrites en l'anàlisi dels tipus d'estructura. Per a una ampolla amb una sola secció amb un únic tipus d'estructura la quantitat de codi serà assequible, però si es tingués gran quantitat de seccions diferents, es necessitaria codi de càlcul per a cadascuna de les seccions. S'usarà un Add-on.

Es crea un add-on anomenat Càlcul_CAM que realitza els càlculs en base a les dades d'entrada. Aquest Add-on disposa de diferents tags que utilitzarà per calcular els parells de dades.

A_Tipus_estructura:

Tag que ens servirà per a diferenciar que tipus de fórmula de càlcul utilitzar per a cada secció del disseny de la ampolla. És un paràmetre del qual es té solament 8 tipus d'estructura pel que haurà de ser definir com sencer .No hi haurà una estructura 1,5 ni 2,5.

Es té llavors:

Tipus d'estructura 1 - Prisma de base quadrada

Tipus d'estructura 2 - Prisma de base triangular

Tipus d'estructura 3 - Prisma de base regular

Tipus d'estructura 4 - Base cilíndrica

Tipus d'estructura 5 - Con

Tipus d'estructura 6 – Piràmide

Tipus d'estructura 7 - Con invertit

Tipus d'estructura 8 - Piràmide Invertida

A_Altura_Màxima:

Tag que servirà per a definir l'altura de la secció. Es pot tenir una secció que tingui molt poca altura o una secció que formi la major part del disseny. L'altura serà un valor real, sent així tenim major versatilitat a l'hora de dissenyar el recipient o ampolla.

L'altura serà un valor absolut de cada secció , és a dir la secció numero 2 solament inclourà l'increment d'altura de la secció 2 , no de la 1 i de la 2.

A_Costat1:

Aquest tag l'utilitzarem en els diferents tipus d'estructura que tingui un costat, els prismes de base regular són un exemple així com l'estructura piramidal.

Aquest tag també serà un real de manera que puguem tenir la major precisió possible quan realitzem el disseny de les ampolles.

A_Costat2:

Aquest tag encara que menys utilitzat és necessari a causa de que algunes estructures requereixen d'alguna dada més per a realitzar els seus càlculs de Volum i altura. La seva finalitat és purament auxiliar i encara que està nomenat com Costat2 serà utilitzat en els diferents tipus d'estructura com a comodí .Aquest Tag serà de tipus real.

A_Radi_inferior:

Tag utilitzat en les estructures amb bases circulars. Igual que Costat1 serà el tag principal per a aquest tipus d'estructures. La variació del mateix modifiqués el disseny dels prisma de base circular i con o con invertit. Tag de tipus real.

A_Angle:

Tag utilitzat per a establir el disseny de la inclinació en les estructures de tipus con i piràmide. Aquest tag definirà la grandària de l'àrea de la base superior de la secció. Les unitats d'aquest tag estaran en graus i serà un tag de tipus real.

A_Factor_Conversió:

Aquest tag és molt important , ens permetrà variar el nombre de parelles de punts que volem tenir , millorant així la resolució del dosat en funció de l'altura. També ho utilitzarem com punter dintre del codi del add-on per a col·locar cada valor obtingut mitjançant els càlculs en el lloc correcte, tant per als valors de Volum com per als d'Altura.

A_Calcular_CAM:

Aquest paràmetre servirà per a executar el càlcul de la Bocam una vegada es tinguin les dades de l'ampolla carregats. Aquest tag serà un booleà que habilitarem solament en el moment del càlcul i que donarà pas a la lògica de l'add-on.

A_CAM_Estructura:

Serà el nostre paràmetre de sortida , és el lloc on es col·locaran els parells de dades de Volum i Altura. És un tag de tipus CAM.

Aquest tipus de dades tenen 3 camps:

- Camp on es col·loquen la dada del Mestre , en el nostre cas Volum.
- Camp on es col·loquen la dada de l'Esclau , en el nostre cas Altura.
- Camp pel tipus de segment.

El Add-on disposarà de tags auxiliars per la realització dels càlculs

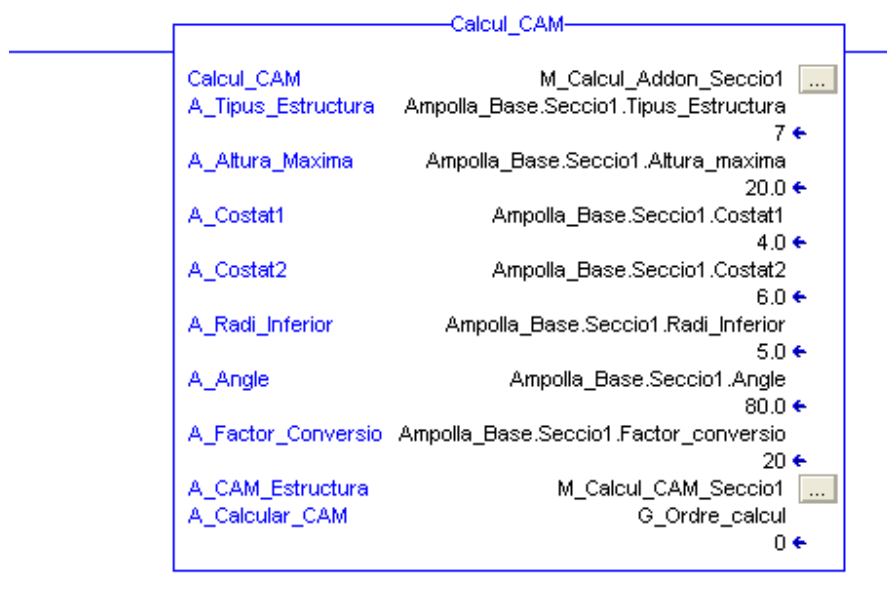
A_F_Variable: :

Aquest tag auxiliar ens servirà com punter juntament amb A_Factor_Conversio. S'anirà incrementant a mesura que realitzem els càlculs fins a igualar-se amb A_Factor_conversio, moment que es finalitzessin els càlculs. Ens serveix per a realitzar els càlculs correctes sense necessitat de modificar A_Factor_Conversio.

A_Flanc_Variable:

Aquest tag ens servirà perquè durant el flanc de pujada del tag A_Calcular_CaM es realitzin algunes operacions i moviments.

La instrucció es veurà així :



Es pot utilitzar aquesta instrucció quantes vegades es vulgui assignant els valors de cada secció a les entrades del add-on obtenint així el resultat en forma de CAM. Es tindrà una instrucció per a cada secció de l'ampolla però la lògica serà la mateixa. És a dir quantes més seccions es té més codi s'estalvia.

5.3.2- Motion intructions

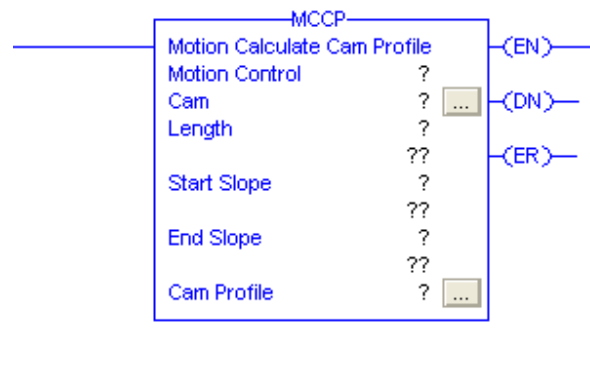
Un cop es disposa dels parells dades Volum Dosat - Altura es generarà la trajectòria dels eixos.

El volum es l'eix mestre. Aquest eix es un eix virtual , es a dir no serà un eix físicament real però servirà per simular perfectament el volum dosat. Es pot interpretar el valors de Volum màxim i mínim com a límits del eix i la velocitat de dosatge com la velocitat a la que avança aquest eix cap al seu màxim.

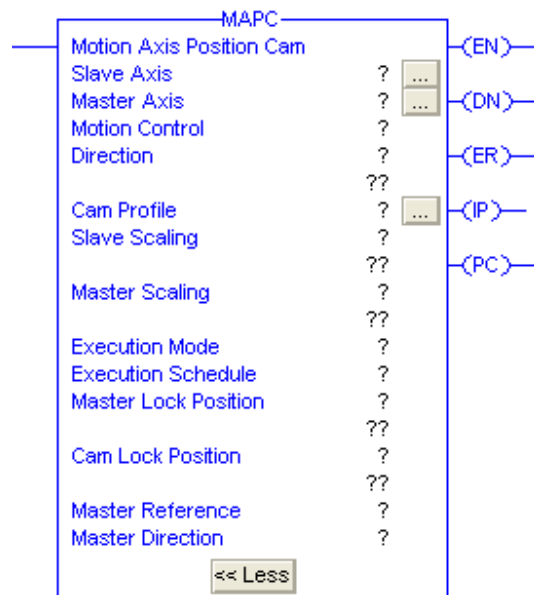
L'altura serà un eix real, el motor mourà l'ampolla fins a la seva posició mes alta i després anirà disminuint la seva alçada de forma que segueixi el eix mestre , en aquest cas la quantitat de volum dosat. Aquesta quantitat de volum vindrà donada per la capacitat de dosatge de els dosificadors i en definitiva de la pressió hidràulica de la màquina. Els cabalímetres marcaran la velocitat de dosatge. La relació amb la qual l'esclau seguirà el mestre vindrà donada en base als càlculs realitzats.

Mitjançant la relació de punts obtinguts dels càlculs entre aquests eixos es pot crear la trajectòria. Aquesta trajectòria serà la interpretació completa de tots el punts en un format que els eixos puguin entendre.

L' instrucció que es portarà a terme aquest càlcul de trajectòria serà una M CCP:



Aquesta instrucció només calcula la trajectòria a partir dels parells de punts. El perfil de trajectòria haurà de ser executat després per una altra instrucció, MACP:



Destacar dos paràmetres de la instrucció de sincronització MAPC, Mode de execució i Mode de sincronització.

Mode de execució (Execution Mode): permet diversos tipus d'execució, continua, única o pendent. L'execució continua significa que cada cop que la sincronització finalitza per què s'ha executat tota la trajectòria del perfil, torna a començar. Única vol dir que la

sincronització només durarà un cicle de trajectòria. Pendent és un mode d'execució per a trajectòries intermèdies que segueixen una trajectòria anterior.

Mode de sincronització(Execution Schedule): La sincronització es pot fer de diferents formes, immediata ,sentit positiu , sentit negatiu o bidireccional. Immediata quan la sincronització és en aquell mateix instant, com si fos un ordre de sincronització. Sentit positiu/negatiu significa que la sincronització del mestre amb l'esclau es realitzarà quan es passi per certa posició en un sentit o l'altre. Bidireccional és per ambdós sentits.

Un cop s'hagi executat aquestes dues instruccions l'eix esclau estarà sincronitzat amb l'eix mestre mitjançant un relació que pot ser o no variable. Qualsevol moviment que executem en el mestre serà seguit per l'esclau en la relació establerta pels punts de la trajectòria. Cap de les dues instruccions provoca moviment dels eixos,només càlcul i sincronització del eixos.

5.4.- Comunicació dels dispositius de camp.

Cada dispositiu de l'arquitectura tindrà la seva comesa i les seves funcions. La comunicació amb el controlador serà vital perquè aquestes funcions siguin executades correctament. La velocitat de transferència i el volum de dades a transmetre seran característiques que hem de tenir en compte quan s'escull un tipus de comunicació.

En el cas de la màquina d'ompliment rotativa seran SERCOS i EtherNet/IP per la comunicació de dispositius.

5.4.1.- SERCOS

La delicadesa del control moviment dels servomotors, obliga a realitzar les operacions de comandament sobre els servomotors en temps real. Quan la necessitat és precisió, s'optarà per

una alta velocitat de comunicació ja que es necessita un ràpid feedback per a poder tancar correctament el llaç de posició.

És necessari saber en tot moment la posició real de l'eix, d'altra manera, potser les consignes de moviment siguin errònies i estiguem en una posició equivocada a causa de un retard en el senyal de feedback del motor.

Per a això es controlaran els servomotors mitjançant una xarxa SERCOS.

El terme Sercos obeeix a les sigles, Serial real-time communication system. És una interfície de comunicació d'altas prestacions que permetrà al controlador de moviment rebre i enviar informació al drive en temps real.

El mitjà de comunicació serà cable de fibra òptica tant de plàstic com cristall amb una velocitat de transmissió des de 4 fins 8 Mbps. S'identificarà cada dispositiu en la xarxa sercos amb un node, cada eix disposarà d'un numero de node. La distància entre nodes no podrà superar els 200 metres si es vol assegurar un correcte funcionament de xarxa. La topologia serà Mestre-esclau en anell amb transferència de dades cíclica.

Cada drive disposa d'un entrada i una sortida , per a transmetre i rebre dades a través de l'anell de fibra òptica.

El protocol de comunicació de SERCOS consta de 5 fases:

0 -El controlador (Mestre) comprova l'estat de l'anell SERCOS.

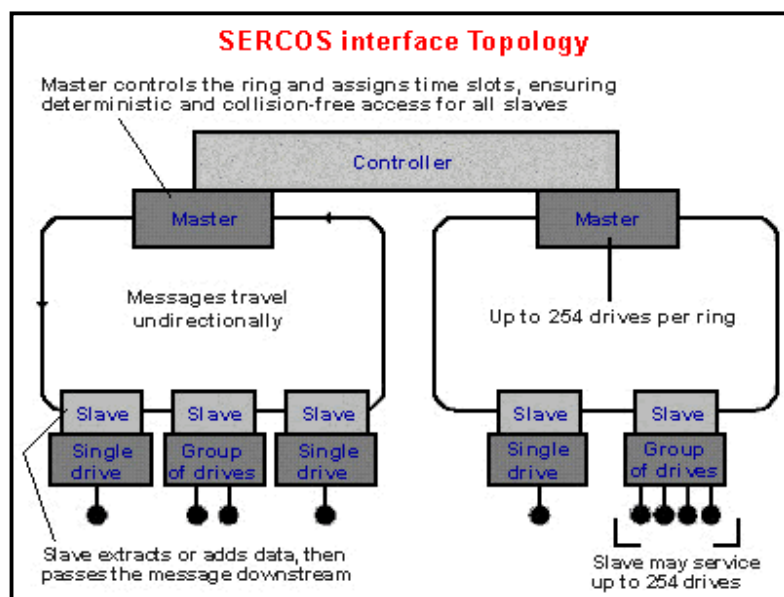
1- El controlador examina la xarxa a la recerca d'aquells dispositius (Esclau) que es trobin connectats.

2- El controlador determina qui és cada node i calcula el temps requerit per a intercanviar informació amb ells.

3- El controlador comença a intercanviar dades amb els nodes, enviant a cadascun la seva configuració.

4- El controlador intercanvia informació de forma cíclica amb cada node de la xarxa deixant el drive llest.

La interfície SERCOS té alguns avantatges que la fan especial i imprescindible per al seu ús en aplicacions de control de moviment. A part de la seva velocitat es pot destacar la seva alta immunitat al soroll a causa de la seva connexió mitjançant fibra òptica. Permet una estructura de drives distribuïda amb una distància amb fibra òptica de plàstic de fins a 32 metres.



30-Exemple de xarxa Sercos

En el nostre cas no es necessari tindre el drives distribuïts , ja que tant l'autòmat com els servosdrives estaran dins del tambor de la maquina d'ompliment.

5.4.2.- EtherNet/IP

S'usarà Ethernet per la realització de les comunicacions de la resta de dispositius de camp.

Avui dia Ethernet és sens dubte la primera opció -gairebé l'única- que es planteja quan es dissenya una nova aplicació per a resoldre les necessitats de comunicacions a qualsevol nivell (dispositiu, control i informació). Pretendre trobar una explicació pot donar una resposta senzilla: preu.

Ethernet és una xarxa que ofereix un preu per node bastant econòmic en comparació d'altres xarxes, això està clar, com també ho està que és impossible que una tecnologia triomfi solament per preu amb la politització que existeix dins el món industrial.

Cal atribuir-li a Ethernet les següents avantatges sobre altres tecnologies:

Preu: És una xarxa molt més barata que unes altres. Més si es té en compte tots els costos relatius a la xarxa més enllà de la seva instal·lació.

Prestacions: Encara que aparentment inferiors a les d'altres xarxes, aconsegueix superar-les a base de força bruta. Per exemple, té un rendiment molt inferior a la ControlNet, però no oblidem que la ControlNet funciona a 5 Mb i la Ethernet està àmpliament difosa a 100 Mb i fins i tot a 1 Gb.

És una xarxa oberta: el que afavoreix que qualsevol fabricant pugui dissenyar un producte amb connectivitat Ethernet sense massa esforç.

Ja l'està en la indústria. Potser aquesta sigui la característica més important i la de més difícil justificació. La indústria ja tenia Ethernet, en les oficines, però ja la coneixia. No era una completa desconeguda. Sabien que funcionava i que havien de baixar-la d'alguna manera a la planta. Ja posats, si et serveix de xarxa d'informació, no podria servir-te de xarxa de control? La resposta és que si i en algunes plantes s'està implantant amb moltíssim èxit.

Avantatges de EtherNet/IP:

Tots els proveïdors de solucions per a l'automatització s'han afanyat a oferir una alternativa - als bus de camp tradicionals- basada en Ethernet. D'aquesta manera s'han desenvolupat diferents xarxes basades en la mateixa tecnologia com són EtherNet/IP, Ethercat, Modbus TCP o Profinet.

Els avantatges que ofereix EtherNet/Ip sobre la resta són clares:

Utilitza la pila de protocols TCP/IP sense modificar cap de les seves capes. EtherNet/IP és tan solament la implementació del protocol CIP en la capa d'aplicació.

Això implica com segon avantatge l'ús de la mateixa capa d'aplicació d'altres xarxes presents en la indústria (DeviceNet o ControlNet) permetent el salt d'informació entre elles sense programació ni maquinari específic.

Permet la comunicació de missatgeria entre autòmats i el enclavament de dades subjectes a un període de refresc (tràfic d'entrades sortides).

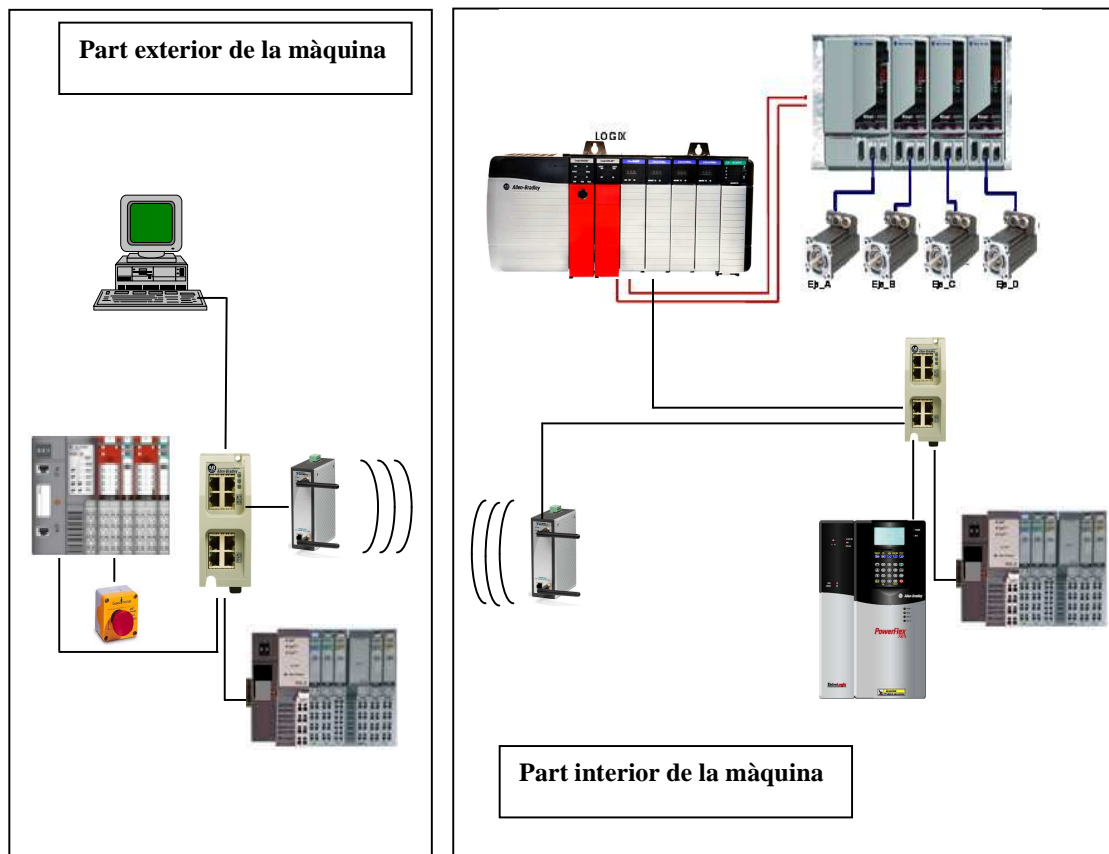
Permet el tràfic de dades segures i no segurs en la mateixa xarxa sense que sigui necessari per a això de cap maquinari addicional.

Ús de maquinari completament estàndard per a la infraestructura.

Per tant s'usarà per comunicar els diferents dispositius de la màquina, realitzant les tasques de control sobre ara entrades i sortides distribuïdes , panell d'operador.

5.4.3 –Arquitectura de Hardware

Per tant disposarem de diversos dispositius muntats juntament amb la màquina. Aquests dispositius estaran comunicats entre ells com s'ha dit mitjançant les xarxes de comunicacions abans esmentades. Així es com quedarà l'arquitectura de hardware de la aplicació.



Tant el variador com els servos i l'autòmat que realitzarà el control de moviment aniran dins del tambor de màquina i per tant aniran comunicats amb l'exterior mitjançant un parell de punts d'accés wireless, un a l'interior de la màquina i l'altre a fora.

5.5.- Seguretat

5.5.1 Què és la seguretat?

Tota màquina que es fabriqui o vengui dins de la unió europea ha de complir amb la directiva de màquines. Aquesta directiva de màquines estableix que tota màquina ha de ser segura per al treballador durant la posta en marxa, el funcionament, el manteniment i durant el procés en el qual es desmantella .

Aquesta directiva de màquines es l'única norma d'obligat compliment. Contràriament al que es pensa, el fabricant de la màquina n'és el responsable (civil i penal) de la mateixa i no necessita més que la seva opinió per marcar la seva màquina amb el distintiu "CE" sense rebre cap mena d'auditoria ni inspecció.

Per tal de facilitar el compliment d'aquesta directiva de màquines existeixen certes normatives -que no son d'obligat compliment- com la vigent EN 954 que estableix el grau de perillositat d'una màquina i les peculiaritats que han de tenir els sistemes de comandament referents a la seguretat per fer que una màquina en concret sigui segura.

Així s'estableix la categoria d'una màquina en funció del risc que significa per l'operari (perill lleu, no reversible o mort), la freqüència d'exposició o la probabilitat "d'escapar" d'una situació de perill quan es doni. D'aquesta manera es considera que la aplicació en concret representa un perill de mal no reversible (com la pèrdua d'un dit) i com l'exposició pot ser relativament fressant es considera l'aplicació categoria 3.

A partir d'aquest punt s'ha de dissenyar el sistema de comandament relatiu a la seguretat seguint certes premisses. La funció de seguretat d'una màquina es la capacitat que té aquesta d'anar a un estat segur (quiet en la majoria d'ocasions). La situació que s'ha d'evitar es que un operari vulgui o necessiti portar una màquina al seu estat segur i no pugui. Es quan es diu que s'ha perdut la funció de seguretat.

En funció de lo perillosa que és una màquina s'ha d'estar més o menys segurs que no es perdrà la funció de seguretat. Així, en una màquina de categoria B que no representa cap risc no s'emprarà cap mesura especial més que regir-se per bons principis de disseny mentre que una màquina categoria 4 es farà el possible per preveure els possibles problemes en els dispositius o en la pròpia instal·lació del sistema de comandament relatiu a la seguretat.

En funció de la categoria s'ha de seguir les diferents premisses:

Categories de seguretat

Els graus o categories de seguretat d'una màquina o instal·lació van des del risc més feble (categoria B), en el qual la gravetat de les lesions és escàs i/o la probabilitat de les lesions és relativament petita, fins al risc més alt (categoria 4), en el qual la probabilitat de lesió és relativament gran. Des del punt de vista de la seguretat, l'objectiu clau del dissenyador és garantir que les fallades dels components d'un sistema de control relacionats amb la seguretat, o les pertorbacions exteriors no puguin conduir a una situació perillosa en la màquina. Es descriuen a continuació totes elles:

Categoria de seguretat B

Equips dissenyats i fabricats segons principis bàsics que tracten de garantir la seva fiabilitat en condicions normals d'ús per a aplicacions en les quals és essencial la disponibilitat de la màquina. No s'apliquen mesures de seguretat i una fallada pot suposar la pèrdua de la funció de seguretat. En aquesta categoria, no aplicable a nivell industrial, estan englobades les màquines de molt poca potència, utilitzades en aplicacions domèstiques, incapaces de produir lesions greus.

Categoria de seguretat 1

Equips dissenyats i fabricats amb ajuda de components i principis ja provats per a permetre el seu ús en una aplicació de seguretat. La probabilitat de fallada és menor

que per als equips de categoria B i la pèrdua de la funció de seguretat és menys probable. En cas de fallada no és detectat pel sistema de seguretat.

Categoria de seguretat 2

Equips en els quals s'integra en el circuit de comandament una prova de control dels elements de seguretat instal·lats. Una fallada pot suposar la pèrdua momentània de la funció de seguretat i es detecta en la següent aplicació de la prova, generalment a l'inici d'un nou cicle de la màquina o instal·lació.

Categoria de seguretat 3

Equips dissenyats i fabricats de manera que una única fallada no suposa la pèrdua de la funció de seguretat, quan sorgeix una situació perillosa. Una acumulació de fallades pot suposar la pèrdua de la funció de seguretat.

Categoria de seguretat 4

Equips dissenyats i fabricats de manera que una única avaria o l'acumulació de fallades no suposi la pèrdua de la funció de seguretat, quan sorgeix una situació perillosa. La funció de seguretat es manté de forma permanent.

5.5.2 Dispositius de seguretat a la màquina d'ompliment.

La solució adoptada mitjançant la integració estarà dotada de certa seguretat. Tot i que no s'aprecia perill de mort i l'accés al area restringida no és continu es considera que la màquina es de categoria 3 ja que si existeix perill de danys irreversibles.



31-Maquina de dosatge rotatiu amb parades d'emergència

Es dotarà la maquina de diferents dispositius de seguretat. Aquest dispositius protegiran l'operari de qualsevol mal funcionament de la maquina i li permetran realitzar parades de la maquina de forma controlada, a més a més milloraran el seu rendiment fent més eficient el manteniment i en definitiva estalviaran diners en base a possibles fallides de la maquina ja siguin provocades o fortuïtes.

La maquina disposarà de botons de parada de emergència a la carcassa de màquina per realitzar una parada programada per fer manteniment o per una situació d'emergència.



32 -Parada d'emergència

Es poden escollir de diferents tipus , com es pot veure a la foto es pot trobar un botó de parada amb clau que per exemple podria estar col·locat lluny de la maquina orientat a control i manteniment o sense cap tipus de clau per fer el seu accionament amb la simple pressió de la

mà humana de manera ràpida, enfocat a situacions d'emergència que necessitin una parada immediata de màquina.



33-Parada d'emergència

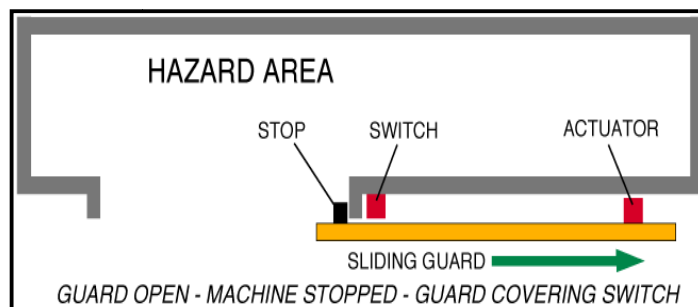
Aquestes parades tot i poden millorar la seguretat del operari en un moment de risc també estan orientades a disminuir la perillositat i la severitat d'una fallada de la màquina. Per exemple un mal funcionament d'un servomotor podria crear inestabilitat i destruir parts de la màquina , quan més inestable es torni la màquina més parts es destruiran fent més costosa la seva reparació i allargant el temps de reparació i de parada. No hem d'oblidar que quan més temps la màquina estigui parada més diners es perdran per l'empresa que esta produint aquells productes. Aquesta parada serà un parada de categoria 0 i traurà potencia a la màquina.

A més a més dels botons d'emergència la carcassa de la maquina disposarà de portes per poder accedir a la zona de dosatge en cas de parades de manteniment i de fallides de la maquina. Aquestes portes permetran que la reparació/manteniment sigui més rapida i disminuiran el temps d'aquesta reparació o manteniment ja que serà més fàcil accedir a segons quines parts de la màquina. El problema que comporta tenir fàcil accés a la màquina en cas de manteniment o reparació ,és que també hi seran accessibles per qualsevol operari o persona que estigui a la zona de producció.



34-Switch de seguretat

Per tant s'haurà de fer servir dispositius de seguretat en el tancament de les portes de la carcassa de la màquina. Aquest dispositius protegiran del accés a la zona de producció del producte , i estalviaran situacions de risc per l'operari.



35-Esquema de tancament de portes mitjançant switch de seguretat

Com es veu a les imatges els switch de seguretat impediran l'accés a la zona de treball mentre la màquina està en funcionament, parant la màquina en cas de que s'obrin les portes. També es pot tenir switches que no permetin l'accés si la màquina està funcionant.

Aquests dispositius pararan la màquina si es donen les condicions programades.



Switch de seguretat al tancament de les portes.

Parada d'emergència a nivell de màquina.

A la foto es pot apreciar el lloc on es col·locaran aquests dispositius. També es pot apreciar l'HMI que s'ha descrit en apartats anteriors que permetrà l'edició dels formats d'ampolles.

Mitjançant el controlador del PAC es serà capaç de fer una parada controlada, els servomotors executaran un parada controlada frenant el rotor en comptes de deixar el rotor lliure. Quan es parla de parada controlada es parla tant de desacceleració del rotor com de posicionament de mateix. Serà una tasca de seguretat executada dins el controlador del ControlLogix qui realitzarà la parada de categoria 1 , si passat un temps el motor/s no ha fet la parada controlada , el controlador s'encarregarà de treure potència.



36-Controlador de seguretat

6.-Conclusions

A nivell de d'aplicació destacar viabilitat de la solució aportada , afegint la versatilitat de poder editar els formats de cada ampolla i tota la capacitat de supervisió i control i diagnòstics. La solució es un model aplicació actual que es fàcilment adaptable a màquines de dosatge de líquids i constitueix una guia per la integració d'aquestes mitjançant eines d'automatització actuals.

En funció de les seves necessitats els fabricants de maquinaria poden utilitzar aquesta guia per construir una màquina específica. A més a més esdevindrà un valor afegit ja que aquesta màquina ja no serà una part independent de la fabrica sinó que podrà comunicar-se amb altres dispositius fent més fàcil la seva integració dins de la fabrica. El fabricant utilitzarà aquesta guia per realitzar les migracions de una solució purament mecànica a una més versàtil –amb més funcionalitats- i més còmode de integrar , millorant la seva oferta de cara a empreses que fabriquen productes líquids.

A nivell personal la elaboració d'aquest projecte m'ha aportat una visió més actual del món de l'automatització passant per l'aprenentatge de molts conceptes abans desconeguts. Entre ells destaquen la programació en tasques diferents d'un PAC , estil i metodologia de programació d'alt nivell, xarxes de comunicacions entre dispositius, disseny de HMI , conceptes de control de moviment avançat i estructuració ,objectius i abast d'un projecte.

Pressupost

Quantificació aproximada del hardware utilitzat per la construcció de l'aplicació i de les hores d'enginyeria utilitzades per portar a terme el desenvolupament i posta en marxa. S'ha comptabilitzat el pressupost en base a material de Rockwell Automation S.A. ja que la solució aportada esta realitzada tant per hardware com software d'aquesta empresa.

Hardware:

<i>Referència</i>	<i>Descripció del material</i>	<i>Quantitat</i>	<i>Preu</i>
1756-ENBT	Mòdul de comunicacions Ethernet pel xassís Controllogix	1	1.410 €
1756-LSP	Partner del processador de seguretat	1	1.950 €
1756-L61S	Processador de seguretat	1	5.180 €
1756-PA72	Font d'alimentació xassís	1	646 €
1756-A7	Xassís controllogix de 7 slots	1	355 €
*			
2094-AC09-M02	Mòdul servodrive principal	1	2.620 €
2094-AM01	Servodrive addicional per cada eix	1	1.210 €
MPL-A310P-MK22AA	Servomotor 1.58 NM , 5000 RPM	1	1.050 €
2090-SCEP3-0	Cable sercos de 3 metres	2	85 €
2090-SCEP0-1	Cable sercos de 10 cm	1	50 €
2094-PR2	Xassís pels servodrive	1	305 €
2711P-T6C20A	Panell d'operador	1	1.800 €
Conjunt I/O distribuïdes	Conjunt d'entrades i sortides de la màquina	n	3.000 €
Conjunt Xarxa Ethernet	Tot el conjunt de dispositius referents a la instal·lació de la xarxa ethernet	n	2.000 €
TOTAL			21.661 €

**Els càlculs econòmics realitzats pel material referent als eixos, estan fets per un sol eix/dosificador. En cas de afegir més dosificadors s'hauria de incrementar el preu del material.*

Hores d'enginyeria:

<i>Dedicació d'hores</i>	<i>Descripció dels recursos</i>	<i>Nº d'hores</i>	<i>Preu</i>
Hores desenvolupament	Hores d'enginyer	120	12.000 €
Hores estructuració de projecte	Hores d'enginyer	10	1.000 €
Hores Posta en marxa	Hores d'enginyer	50	5.000 €
	TOTAL		18.000 €

ANNEX I – Càlculs estructures

- **Tipus d' estructura 1 - Prisma de base quadrada**

Es defineix la fórmula de l'àrea del quadrat primer:

$$Area = Base1 * Base2$$

El volum del prisma per tant serà:

$$Volum = Area Base * Altura$$



- **Tipus d' estructura 2 - Prisma de base triangular**

Àrea de la base del triangle:

$$Area = \frac{Base * Altura}{2}$$



El volum del prisma triangular serà:

$$\text{Volum} = \text{area base triangular} * \text{Altura}$$



- **Tipus d' estructura 3 - Prisma de base regular**

La fórmula del volum serà:

$$\text{Area} = \frac{\text{Perímetre} * \text{Apotema}}{2}$$

La apotema serà la distància entre el punt central de la base regular i un dels costats del polígon formant un angle recte. Cada polígon podrà dividir-se en diversos triangles equilàters fent que els seus angles en varien en funció del nombre de costats:

$$\text{Angulo Triangle Equilater} = \frac{360^\circ}{N^\circ \text{ de costats}}$$



Per tant la apotema del polígon serà:

$$\text{Apotema} = \frac{\text{Base del poligon}}{2 * \text{TAN} \left(\frac{\text{Angle}}{2} \right)}$$

Pel que l'àrea de la base del prisma serà:

$$\text{Area} = \frac{\text{Perimetre} * \frac{\text{Base del poligon}}{2 * \text{TAN} \left(\frac{\text{Angle}}{2} \right)}}{2}$$

I el volum seguirà la formula comuna del prisma:

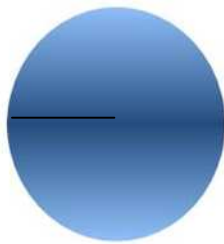
$$\text{Volum} = \text{Area de la Base} * \text{Altura}$$



- **Tipus d' estructura 4 – Cilindre**

Es definirà la fórmula de l'àrea d'un cercle:

$$Area = \pi * Radi^2$$



El seu volum serà llavors:

$$Volum = Area Circle * Altura$$



- **Tipus d' estructura 5 y 7 – Con i con invertit**

Primer es veurà la fórmula del volum de con:

R=Radi inferior

r= Radi superior

$$Volum = \frac{Altura * \pi * (R^2 + r^2 + R * r)}{3}$$

No obstant encara que el radi superior (El radi superior serà el més petit en l'estructura del con) no sigui igual durant l'ascens del dosificador dependrà de l'altura en tot moment. És a dir a més altura menys radi superior.

No obstant, malgrat que el radi superior no es mantindrà constant es pot expressar en funció del radi inferior, l'altura del punt del dosificador i l'angle d'inclinació del con. Aquesta serà:

$$r = \frac{R - Altura}{TAN(Angle)}$$

Pel que es pot expressar la fórmula del càlcul del volum del tronc del con així:

$$Volum = \frac{Altura * \pi * (R^2 + (\frac{R - Altura}{TAN(Angle)})^2 + (R * \frac{R - Altura}{TAN(Angle)}))}{3}$$



- **Tipus d' estructura 6 y 8 – Piràmide i piràmide invertida**

Així es disposa que la fórmula del volum del tronc d'una piràmide serà:

A= Àrea de la base inferior

A'= Àrea de la base superior

$$Volum = \frac{Altura * (A + A' + \sqrt{A * A'})}{3}$$

La longitud de la base superior no és constant durant l'ascens del sortidor com ja va ocórrer amb el radi superior del con, pel que tindrem 3 variables Volum, Altura i longitud superior.

No obstant això es pot expressar la longitud superior en funció de l'angle, l'altura i la longitud inferior com ja va succeir amb el con.

Així que es té:

L= Longitud de la base inferior

L'=Longitud de la base superior

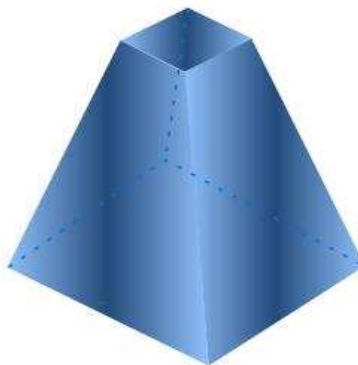
$$L' = \frac{L - \text{Altura}}{\text{TAN}(\text{Angle})}$$

Si es substitueix esdevindrà que la fórmula del volum del tronc de la piràmide serà:

$$\text{Volum} = \frac{\text{Altura} * (L^2 + L'^2 + \sqrt{L^2 * L'^2})}{3}$$

$$\text{Volum} = \frac{\text{Altura} * (L^2 + (\frac{L - \text{Altura}}{\text{TAN}(\text{Angle})})^2 + \sqrt{L^2 * (\frac{L - \text{Altura}}{\text{TAN}(\text{Angle})})^2})}{3}$$

D'aquesta forma s'obté el valor del volum dosat en funció d'una sola variable que és l'Altura del dosificador.



ANNEX II –Contingut CD

El CD inclou tot el que ve a continuació:

- Ompliment eficient d'ampolles en format PDF
- Omplidora_ampolles_PAC.(Programa RsLogix5000 v16)
- ExcelMestre.(Full de càlcul Excel)
- Article Resum Ompliment eficient d'ampolles.
- Ompliment_eficient_ampolles_HMI.(Programa Factory Talk Machine Edition)

Bibliografia

- [1] <http://www.embotellado-maquinaria.com/>, Embotelladora Gallardo S.L.
- [2] <http://www.ab.com/programmablecontrol/pac/> , Rockwell Automation S.A.
- [3] <http://www.ni.com/pac/> , National Instruments
- [4] <http://www.olympus-controls.com> , Olympus Control
- [5] <http://www.automation.com> , Automatització general
- [6] <http://www.ctc-control.com> , CTC control.
- [7] <http://www.rockwellautomation.com/knowledgebase/>, Base de dades de Rockwell Automation S.A.
- [8] <http://es.kioskea.net/contents/technologies/ethernet.php3> Ethernet
- [9] <http://www.sercos.com/> Sercos