



**UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA**

School of Professional
& Executive Development



**CONSORCI
ESCOLA INDUSTRIAL
DE BARCELONA**



Curso de Formación Continua

Explotación y Mantenimiento de Plantas Depuradoras de Aguas Residuales

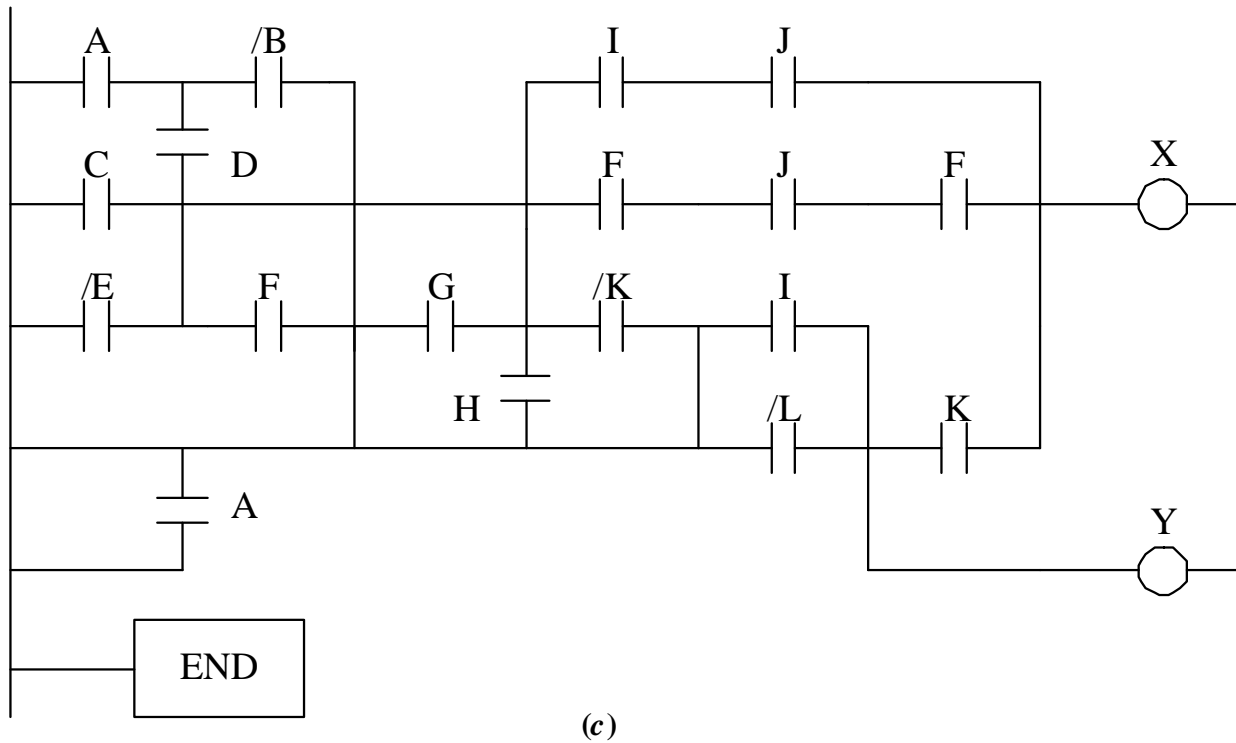
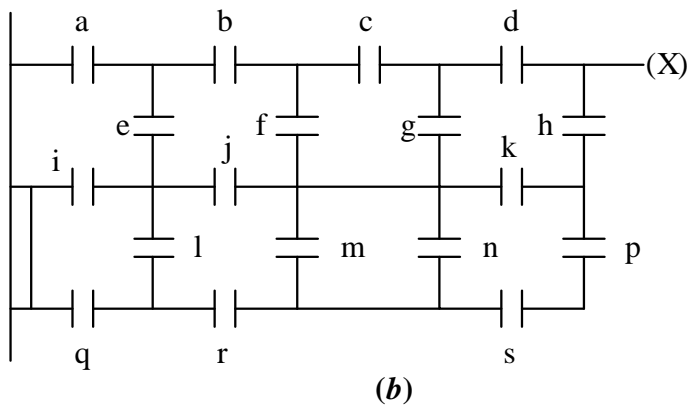
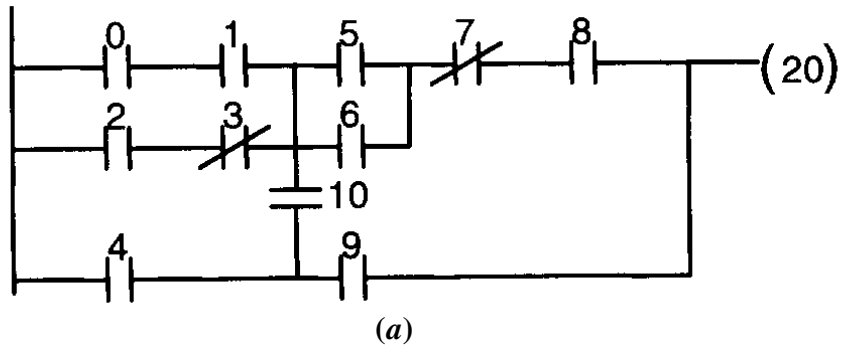
Módulo 2:

Automatización de Procesos en Plantas de Depuración de Aguas

Actividades Dirigidas 4: Automatización de Procesos Basados en Autómatas Programables (PLCs)

Profesor: Herminio Martínez García

Actividad 1.- Programeu, amb instruccions de la sèrie SYSMAC d'OMRON, i de la forma més optimitzada possible, els diagrames de contactes dels següents automatismes.



Actividad 2.- Parlant de termoparells (*termopares* en castellà), explicar què són, en quin principi físic es basa, amb quins materials estan construïts, quins tipus n'hi ha, quins rangs de temperatures són els més indicats per cada tipus, la seva linealitat i altres característiques electrofísiques.

Actividad 3.- Es vol regular en un sistema tot o res un forn controlat per un PLC. Es disposa d'un termòstat, una resistència un ventilador i dos contactors (si calen), un per la resistència i un pel ventilador. El ventilador és de 100 W de potència, i la resistència de 2 kW. Tant el motor, com les resistències, com les bobines dels contactors són a 230 V_{AC}.

A partir de les especificacions de disseny, es demana:

- a) Escriure el GRAFCET de nivell 1.
 - b) Assignar entrades i sortides i especificar les característiques elèctriques del tipus d'entrades i sortides
 - c) GRAFCET de nivell 2.
 - d) Diagrama de contactes del programa.
 - e) Llistat del programa amb instruccions.
 - f) Connexió elèctric complet.
-

Actividad 4.- Es demana el GRAFCET en dos nivells (GRAFCET de nivell 1 i de nivell 2) d'una màquina per compactar paper que opera amb 3 cilindres hidràulics (són iguals que els pneumàtics però en lloc d'aire a pressió utilitzen fluid hidràulic que, a diferència de l'aire, no és compressible).

La màquina consta de tres cilindres hidràulics un per a la compressió horitzontal (CH), un altre per a la vertical (CV) i un darrer per a la longitudinal (CL). Damunt la camisa de cada cilindre hi ha un detector inductiu que permet conèixer quan el cilindre està completament avançat, i un altre que permet saber quan està completament retrocedit. Així hi haurà DAH (Detector cilindre Avançat Horitzontal), DRH(Detector cilindre Retrocedit Horitzontal), DAV, DRV, DAL i DRL.

La seqüència inicia polsant un polsador M i llavors, si tots els cilindres estan en la posició de retrocés, comença a avançar CH fins al final; després avança CV i finalment CL. Quan CL acaba, tots tres cilindres tornen a la posició de retrocés, a la vegada. Si durant la maniobra, algú polsés un polsador d'aturada d'emergència, PE, tota la instal·lació s'hauria d'aturar de cop⁽¹⁾.

Actividad 5.- Una de les proves que es duen a terme en alguns mobles és veure quantes maniobres suporten, per exemple, obrint i tancant portes i/o calaixos per a fer tests de durabilitat i robustesa.

Sigui un armari, que té la porta acoblada a un cilindre pneumàtic de llarg recorregut, de tal manera que possibilita obrir i tancar completament la porta. Aquest cilindre és de doble efecte i està comandat per dues electrovàlvules EVA i EVR per proporcionar l'avanç i el retrocés. També incorpora dos detectors DA i DR. A la porta de l'armari hi ha un detector que treballa quan la porta

⁽¹⁾ Aquestes aturades es fan cablejant d'una manera en concret el controlador que executi el GRAFCET. No cal que ho feu, ja que seria més cosa d'especialistes en automàtica o estudiants d'assignatures d'especialitat d'Electrònica Industrial i Automàtica. Amb tot, val la pena que sapigueu que en tot automatisme que desenvolupa activitats perilloses ha d'haver-hi, per normativa internacional, europea i espanyola, d'obligat compliment, polsadors d'aturada d'emergència ni que en aquest exercici no l'hagueu de tenir necessàriament en consideració.

és tancada, DT, i fora, a l'exterior, un altra que indica quan està completament oberta, DO. Els quatre detectors són a tres fils, inductius i de tipus PNP.

El cilindre està comandat per un PLC C20K d'Omron alimentat a $24 V_{DC}$, que és la mateixa tensió a la qual operen les electrovàlvules i els quatre detectors. L'operació del sistema és la següent: quan es polsi un polsador M, el cilindre, començarà una seqüència avanç-retrocés continuada. Un polsador, P, aturarà la maniobra. El PLC anirà tancant i obrint la sortida 0100, la qual anirà connectada a un comptador extern electromecànic, que s'alimenta a $220 V_{AC}$.

Es demana:

- a) GEMMA de l'aplicació (al darrera d'aquest full, trobareu un diagrama GEMMA).
- b) GRAFCET de nivell 1 per cada bloc GEMMA que intervingui.
- c) Lligam horitzontal dels diferents GRAFCET a nivell 2.
- d) Diagrama de temps de l'estat de producció normal F3.
- e) Diagrama d'estats de tots els estats GEMMA, entrellaçats.
- f) Connexió COMPLETA i ben feta del PLC a l'aplicació.
- g) Programa complet del PLC en format diagrama de contactes incorporant tots els GRAFCET.

Actividad 6.- De ben segur que tots haureu anat alguna vegada en Metro i haureu marcat el vostre tícket a la màquina que hi ha a la barrera d'entrada; es tracta d'automatitzar una d'aquestes barreres amb un microautòmat.

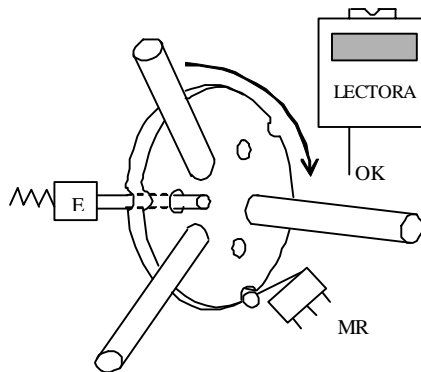
El conjunt el formen una màquina lectora de targetes magnètiques convencionals i un cos mecànic amb tres barres muntades sobre una pletina que giren 120° quan passa una persona. Considereu que la lectora, quan veu un tícket vàlid, dona un pols suficientment llarg d'**OK**. A la vista d'aquest senyal, el PLC donarà tensió a un electroimant **E**, el qual desbloqueja la pletina giratòria que subjecta la pletina amb les tres barres i es permet el pas de la persona. Quan la persona passa, fa girar la pletina a l'empènyer una de les tres barres i un microrruptor **MR** (normalment obert) es tanca, de manera que informa al PLC de què la persona està passant. Quan la persona ha passat, el PLC veurà un flanc de baixada en aquest microrruptor **MR** i li retirarà la tensió a l'electroimant **E** de manera que aquest, de nou bloquejarà la pletina impeding-li girar i en conseqüència, que passa cap més persona. Amb això es pot iniciar una altra maniobra.

El sistema del qual se'n sol·licita una automatització, mecànicament, té l'aspecte que es pot veure a la figura.

Es disposa d'un polsador de marxa **M** que posarà en servei el sistema i un d'aturada **P** que el desconectarà completament. Totes les tensions són de $24 V_{DC}$ i el PLC és un OMRON com els del laboratori. A partir de les especificacions de disseny, es demana:

- a) Escriure el GRAFCET de nivell 1.
 - b) Assignar entrades i sortides i especificar les característiques elèctriques del tipus d'entrades i sortides
 - c) GRAFCET de nivell 2.
 - d) Diagrama de contactes.
 - e) Llistat del programa amb instruccions.
 - f) Connexionat elèctric complet.
-

g) Considereu que l'electroimant té tres fils, un comú, un per anar en el sentit de bloqueig i un altre per anar en el sentit de desbloqueig, i que mentre la barra gira (*MR* està a "1") es dona un senyal que impedeix que ningú més entri un tícket a la lectora magnètica i encengui i apagui intermitentment un llum a 220 V_{DC} .



Actividad 7.- Una empresa de cervesa ens encarrega l'automatització d'un sistema per a la seva planta, per tal de detectar si les ampolles que circulen per una cinta transportadora porten les seves etiquetes. La instal·lació s'activarà per un polsador de **MARXA (M)** i es podrà aturar automàticament gràcies a un polsador d'**ATURADA (A)**.

Tenim dos sensors: un primer sensor (*IN1*) que dóna un senyal cada vegada que passa una ampolla, i un altre (*IN2*) que dóna un segon senyal quan no detecta etiqueta a l'ampolla. Si es detecta un producte defectuós (una ampolla sense etiqueta) per la cinta transportadora *A*, l'autòmat emmagatzema aquest estat (*IN2 = ON*) en un registre de desplaçament. Quan la següent ampolla que ve per la cinta es detectada per *IN1* (*IN1 = ON*), serà quan l'autòmat activa el braç d'un robot per treure i col·locar la primera ampolla en la cinta transportadora *B*, posant en marxa aquesta cinta durant 20 segons per enviar l'ampolla cap a una altra zona de la planta industrial, a on se li posarà l'etiqueta.

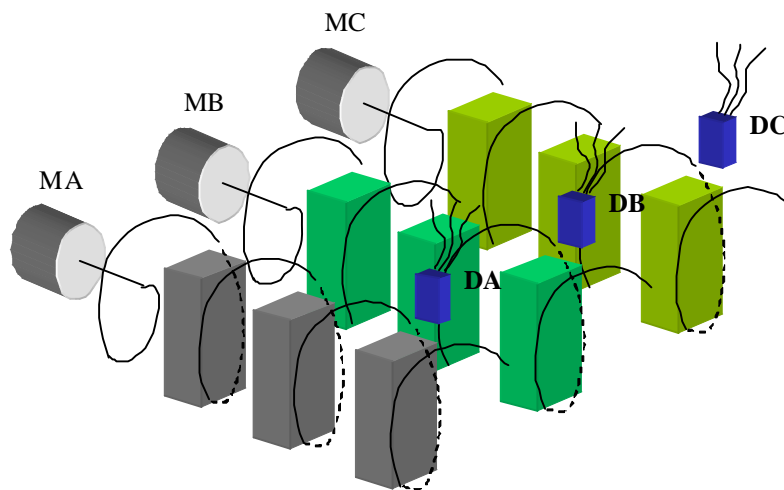
L'autòmat, a més, compta el nombre d'ampolles defectuoses. Si el nombre d'ampolles defectuoses és de 10, encendrà una bombeta d'alarma. Es demana:

- Diagrama de contactes de la instal·lació, suposant que utilitzeu un autòmat C-20K d'OMRON. Indicar clarament el número d'entrada/sortida de l'autòmat associat a cada polsador, sensor o actuador.
- Programa de l'automatisme.
- Esquema de connexió de polsadors, sensors i actuadors a l'autòmat.
- Esquema elèctric de la part de potència, suposant que el motor del braç del robot és trifàsics.
- Si el motor és d'una potència nominal de 10 kW, determineu la secció dels cables si utilitzeu cables unipolars de coure amb coberta de PVC i instal·lat dintre de tub, en una instal·lació subterrània. Determineu també els tubs protectors dels cables (tipus de tubs que agafeu i la seva secció).

NOTA: Baseu-vos en tot moment en el REBT. Suposeu que la potència anterior té un factor de potència: $\cos \varphi = 0,85$.

h) Proposeu alguna millora en quant a l'augment de la fiabilitat i protecció de la instal·lació (ús de tèrmics, redundàncies en sensors, etc.). Realitzeu el nou diagrama de contactes i programa amb aquestes millores.

Actividad 8.- Es demana el GRAFCET en dos nivells d'una màquina de *vending* de tres tipus de begudes, A, B i C. La màquina té els productes disposats en espirals i a cada espiral un motor (MA, MB i MC) que l'acciona. També té un detector de producte, DA, DB i DC. Quan es posen les monedes es mira si l'import és correcte; si ho és s'espera a que l'usuari premi un dels tres pulsadors PA, PB o PC de tria de producte. Considerarem que sempre hi ha producte. Després, s'ha d'accionar el motor de l'espiral corresponent fins que el detector detecti el següent producte de l'espiral. I fi de la seqüència



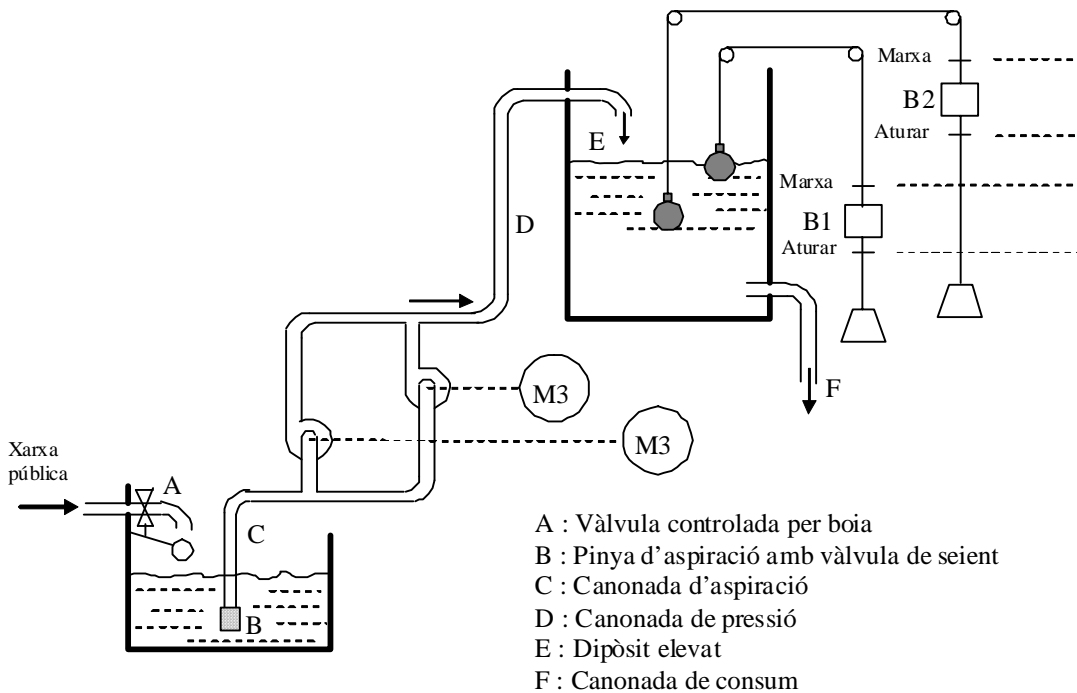
Es demana realitzar un controlador amb relés d'una màquina de *vending* de tres tipus de begudes, A, B i C a partir del GRAFCET de nivell 2 de la setmana anterior.

Recordeu que la màquina té els productes disposats en espirals i a cada espiral un motor (MA, MB i MC) que l'acciona. També té un detector de producte, DA, DB i DC. Quan es posen les monedes es mira si l'import és correcte; si ho és s'espera a que l'usuari premi un dels tres pulsadors PA, PB o PC de tria de producte. Considerarem que sempre hi ha producte. Després, s'ha d'accionar el motor de l'espiral corresponent fins que el detector detecti el següent producte de l'espiral. I fi de la seqüència

Actividad 9.- Sigui el cas de voler controlar dues electrobombes trifàsiques a 400 V_{AC}, de 2 CV cadascuna, una per a situacions de càrrega bàsica i l'altra per a situacions de càrrega punta. El control incorporarà un pulsador de marxa, **M**, i un d'aturada d'emergència, **PE**. Les electrobombes estan protegides per relés tèrmics. A la vista del gràfic de la instal·lació quan pugi o baixi el nivell d'aigua en el dipòsit elevat, l'interruptor de boia **B1** connectarà i desconnectarà la bomba **EB1** (càrrega bàsica). Si el nivell de l'aigua segueix baixant, en els límits d'operació de **B1** (el cabal de sortida és superior al d'entrada) llavors **B2** connectarà la bomba **EB2** (càrrega punta). Si s'eleva de nou el nivell d'aigua del dipòsit superior l'interruptor de boia **B2** desconnectarà a **EB2**; la bomba **EB1** seguirà en funcionament fins que **B1** la desconnecti.

Es pot pensar també, que **B1** assegurï la desconexió de totes dues electrobombes. Un commutador **C**, permetrà seleccionar quan es treballa en cicle combinat (posició $C=1$) o quan es voldrà operar amb les dues bombes simultàniament, prescindint de **B2** i atenent només a **B1** (posició $C=2$).

Realitzar l'automatització completa d'aquest sistema de control.



Actividad 10.- Tothom ha vist aquests petits compartiments que acostuma a haver-hi al costat d'algunes gasolineres en els quals, normalment els diumenges al matí, la gent hi va a rentar el cotxe. Hi ha una mànega amb una llança a la punta i una petita caixa on s'hi tira una moneda i hi ha diferents pulsadors per a diferents serveis:

- Aigua amb sabó
- Aigua sola
- Cera
- Pulsador d'aturada

Volem dissenyar el sistema de control que dona aquest servei. Penseu que el servei, per moneda, és de 1 minut. Així si a mig tirar aigua amb sabó es polsa l'aturada, quan es polsa un altra servei (per exemple aigua sola) es segueix amb el nou servei fins completar el minut de crèdit (caldrà un temporitzador amb possibilitat d'inhibició de compteig de temps).

Caldrà controlar electrovàlvules i diferents motors-bomba; penseu que hauria d'haver-hi un senyalitzador de falta de pressió (pressostat) i un *detector de nivell* dels líquids de servei (aigua osmotitzada, aigua amb sabó, cera, etc.).

a) Obtenir el GRAFCET de funcionament del sistema.

A partir dels GRAFCETs, es demana ara:

- b) El disseny d'un controlador basat en relés (sense PLC).
 - c) Penseu que el temporitzador ha de tenir una entrada de inhibició de temps (INHIBIT) per tal que pugui aturar el comptatge de temps a conveniència del controlador.
 - d) Busqueu informació dels elements que et caldrien en cas d'haver de dissenyar completament el sistema.
 - e) Penseu que la solució a qualsevol automatisme sempre ha de ser econòmica, robusta i fiable.
-

Actividad 11.- Continuant amb el sistema del problema anterior, volem dissenyar el sistema de control que dona aquest servei. Penseu que el servei, per moneda, és de 1 minut. Tindrem 1 minut per al servei escollit, sense poder-lo canviar.

Caldrà controlar electrovàlvules i diferents motors-bomba; penseu que hauria d'haver-hi un senyalitzador de falta de pressió (pressostat) a la boca de la llanxa de sortida i un *detector de nivell* dels líquids de servei (aigua, aigua amb sabó, cera, etc.). Com en l'altra cas que ja vareu resoldre en una sessió anterior.

- a) Fes el GRAFCET de nivell 2.
 - b) Fes una taula d'equivalència entre variables i descripció.
 - c) Fes el programa per a PLC en KOP (diagrama de contactes).
 - d) Fes els esquemes de la connexió de tot el sistema.
-

Actividad 12.- Sigui el cas de voler controlar una planxa industrial per al sector tèxtil. Quan un jersei, per exemple, està completament manufacturat, la fase prèvia a embalar-lo és la de planxat. Aquestes planxes acostumen a operar amb vapor i presenten un aspecte com el de la figura següent.

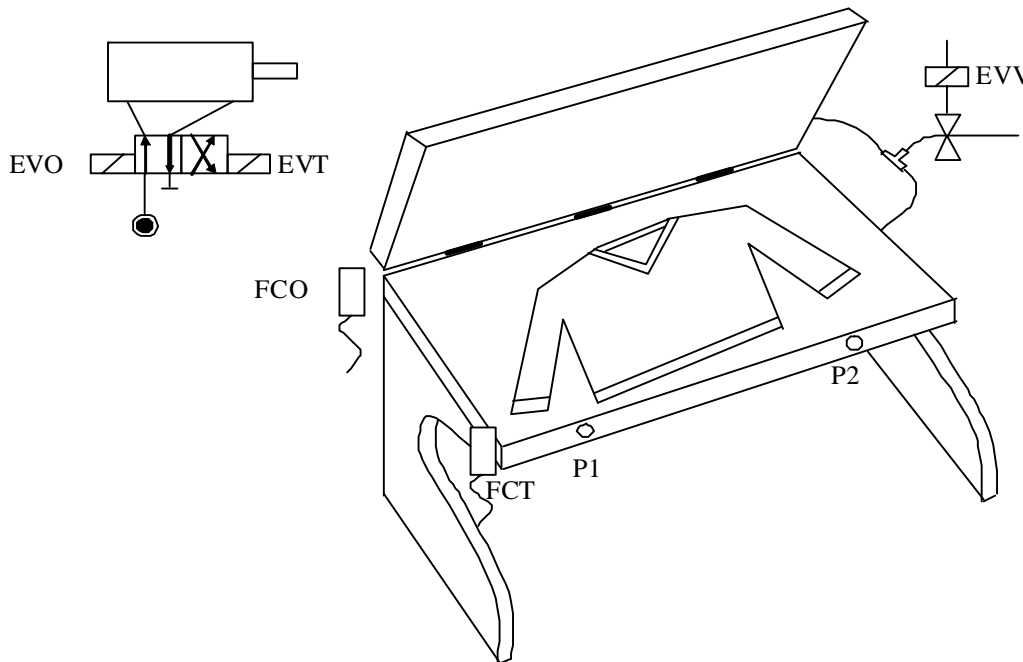
La planxa s'obre i es tanca mitjançant un actuador pneumàtic controlat per dues electrovàlvules: EVT per tancar i EVO per obrir. Hi ha dos finals de cursa FCO i FCT que assenyalen quan la planxa està completament oberta i quan està completament tancada. L'accionament del procés de planxat demana que es porsin simultàniament dos pulsadors P1 i P2.

Amb la planxa oberta (FCO=1, FCT=0) l'operari polsa simultàniament P1 i P2 amb la qual cosa queda accionada la electrovàlvula EVT i la planxa comença a tancar-se. Quan la planxa estigui tancada, s'ha d'obrir la electrovàlvula de vapor, EVV, durant 5 segons i a la vegada, s'ha de desactivar EVT. Passat aquest temps, cal interrompre el cabal de vapor i la planxa s'ha d'obrir accionant EVO fins que FCO assenyalí que ja està oberta. El procés finalitza aquí i la planxa queda preparada per a una nova maniobra.

El sistema disposa d'un pulsador de marxa accionat per clau, M, i un d'aturada, P. Tot opera a una tensió estàndard de 24 V_{DC} .

(NOTA: aquest disseny industrial és a mode d'exercici didàctic, doncs és un sistema molt insegur perquè permetria l'operari posar les mans dins la planxa. Tinguem clar que aquest sistema no passaria els controls de seguretat en màquines i no podria dur la certificació CE europea).

- Fes el GRAFCET de nivell 2.
- Fes una taula d'equivalència entre variables i descripció.
- Fes el disseny d'un controlador basat en PLC (programa en *ladder*).
- Fes l'esquema de connexió de la part de maniobra al PLC.



Actividad 13.- Sigui el cas de voler controlar la planxa industrial de la setmana anterior també amb un PLC; la operativa, la mateixa, però considerant que al llarg de tota la maniobra (el temps de tancar i vaporitzar) cal que l'operari mantingui els dos pulsadors, P1 i P2 polsats; del contrari, la seqüència s'aturarà, el vapor s'aturarà i la planxa s'obrirà sola.

Recordeu que la planxa s'obre i es tanca mitjançant un actuador pneumàtic controlat per dues electrovàlvules: EVT per tancar i EVO per obrir. Hi ha dos finals de cursa FCO i FCT que assenyalen quan la planxa està completament oberta i quan està completament tancada.

L'accionament del procés de planxat demana que es polsin simultàniament dos pulsadors P1 i P2 durant tota la maniobra, dins un interval de temps d'1 s, per tal d'evitar que es pugui fer un pont a un dels pulsadors i així només operar amb l'altre, deixant una mà lliure. Si es polsen fora d'aquest interval, la maniobra no ha d'iniciar i cal tornar al principi, deixant-los anar i tornant a polsar-los.

Amb la planxa oberta (FCO=1, FCT=0) l'operari polsa simultàniament P1 i P2 dins un interval de temps d'1 s, amb la qual cosa queda accionada la electrovàlvula EVT i la planxa comença a tancar-se. Quan la planxa estigui tancada, s'ha d'obrir la electrovàlvula de vapor, EVV, durant 5 segons i a la vegada, s'ha de desactivar EVT. Passat aquest temps, cal interrompre el cabal de vapor i la planxa s'ha d'obrir accionant EVO fins que FCO assenyalï que ja està oberta. El procés finalitza aquí i la planxa queda preparada per a una nova maniobra.

El sistema disposa d'un pulsador de marxa accionat per clau, M, i un d'aturada, P. Tot opera a una tensió única de 24 V_{DC}.

- Feu el GRAFCET de nivell 2.

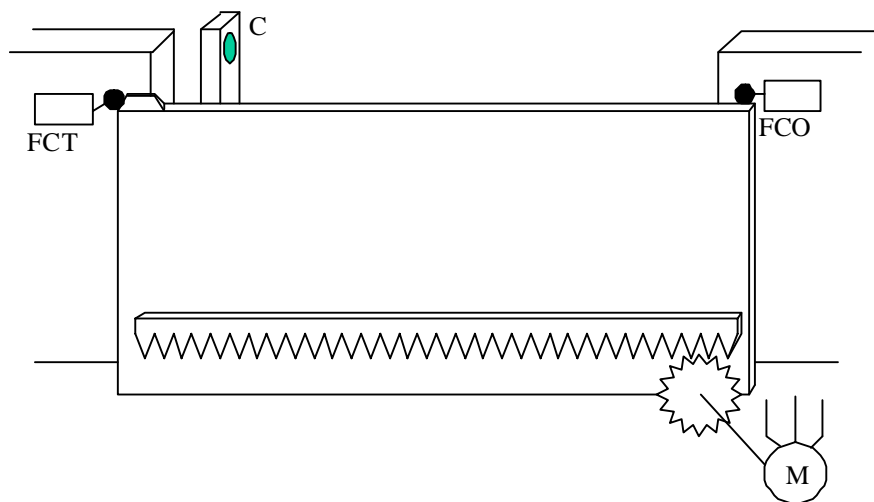
- b) Feu el programa per a PLC en KOP (diagrama de contactes).
c) Feu l'esquema de connexió del conjunt.

Actividad 14.- Hi ha recintes a l'interior dels quals s'hi ha d'accedir amb camions; aquestes recintes acostumen a tenir portes corredisses que s'accionen amb motors que, mitjançant un reductor mecànic accionen un pinyó que mou una cremallera solidària a la porta, la qual es desplaça damunt unes rodes, normalment, per un carril.

Posarem en cas que algú vol accedir des de l'exterior a l'interior del recinte. Per fer-ho, té una clau que acciona un contacte C (accionat per clau –busca un interruptor d'aquest tipus per internet i annexa'n les característiques al teu treball–) disposat en un post que hi ha a l'exterior. El motor M, trifàsic de poca potència, d'1 kW més o menys, ha de posar-se en marxa sempre que la porta estigui efectivament tancada (la qual cosa es pot saber perquè hi ha un final de cursa FCT accionat). El motor continuarà girant fins que la porta estigui completament oberta (la qual cosa es sabrà perquè el final de cursa FCO s'activarà).

Llavors, la porta ha de mantenir-se oberta 20 segons, al terme dels quals ha de tornar-se a tancar automàticament (penseu que caldrà invertir el sentit de gir del motor!) fins que FCT s'activi. I la maniobra, finalitzarà. El motor opera a 230 V_{DC}.

(NOTA: ja sabem que aquest sistema té força deficiències, però per fer una primera aproximació de l'automatització del sistema, ja serveix).



Actividad 15.- Ja hem vist al problema de disseny anterior que el sistema plantejar té algunes deficiències importants, potser la principal de les quals és que, si mentre la porta es tanca encara hi ha el camió al mig o passa una persona, la porta no ho detecta i podria haver-hi un accident.

Cal que trobeu a Internet un contacte accionat per clau i que l'annexis al treball. També cal que hi afegiu una cèl·lula fotoelèctrica (sensor òptic) que permeti abastar una distància d'uns 10 m i que sigui preferentment per reflexió (a fi de no haver de posar tants cables a les dues bandes de la porta –que segur que n'hi haurà segons el gràfic que s'ha donat–). Aquesta cèl·lula fotoelèctrica, cas que algú talli el feix de llum mentre la porta es tanca, cal que aturi la porta i que la torni a obrir 20 segons més, abans de tornar a iniciar la maniobra de tancar.

Amb aquest element, la porta, passa a ser un sistema que opera d'una manera molt més segura per als bens i les persones (cosa clau en un automatisme!).

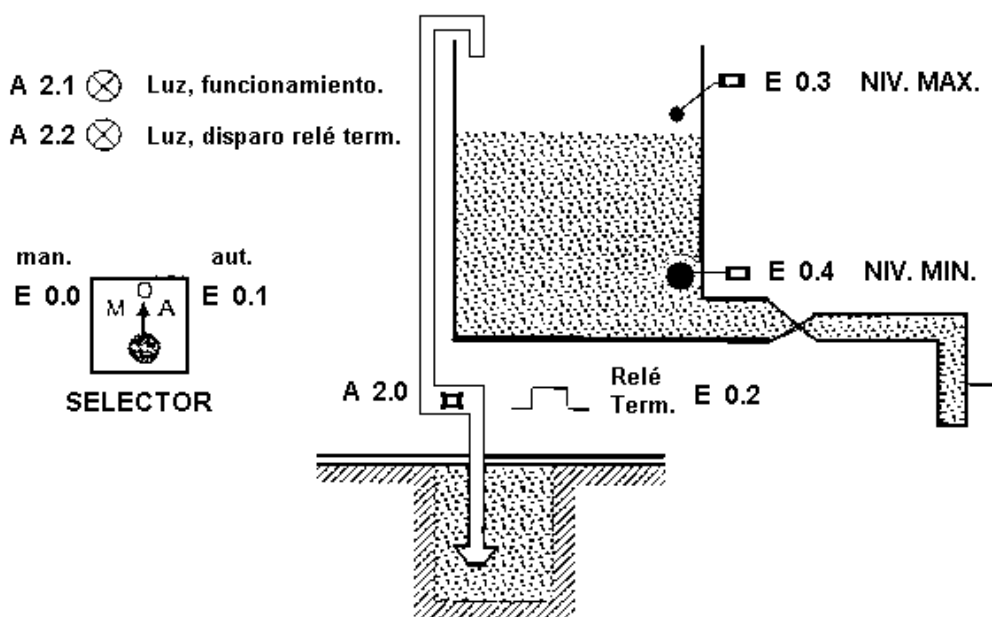
- a) Feu un esquemàtic d'aquesta instal·lació incorporant-hi un PLC per al control. Considereu la capacitat de ruptura de corrent dels contactes de sortida del PLC! Penseu que teniu un contactor per a la resistència! Calculeu el corrent que ha de circular per cada contacte, si calen 2 contactors o n'hi hauria prou amb un relé i un contactor.
- b) Escriviu el programa del PLC.
- c) Feu la connexió completa d'aquesta instal·lació al PLC.

Actividad 16.- Disponemos de un selector de tres posiciones: M-O-A para elegir la forma de servicio. En posición “M” (manual), la electrobomba se pone en servicio, siempre que el relé térmico esté conectado. La parada se efectuará por disparo del relé térmico, o por cambio del selector “O” ó “A”.

En posición “A” (automático), la electrobomba se pondrá en funcionamiento, cuando los niveles mínimo y máximo estén desconectados (depósito vacío), y el relé térmico esté conectado. La parada se efectuará pro que el agua llegó al nivel máximo (lógicamente también estará conectado el mínimo), por disparo del relé térmico, o por cambio en la forma de servicio.

Si la electrobomba está en servicio, sea por forma de servicio manual o automática, deberá encenderse una lámpara de señalización.

En cualquiera de ambos servicios, si el relé térmico desconecta, además de parar la electrobomba, debe lucir otra lámpara de señalización (201). Esta lámpara la emplearemos además para iniciar, que en el servicio manual, el agua rebasa el nivel máximo, pero no parará el funcionamiento del motor por ello.

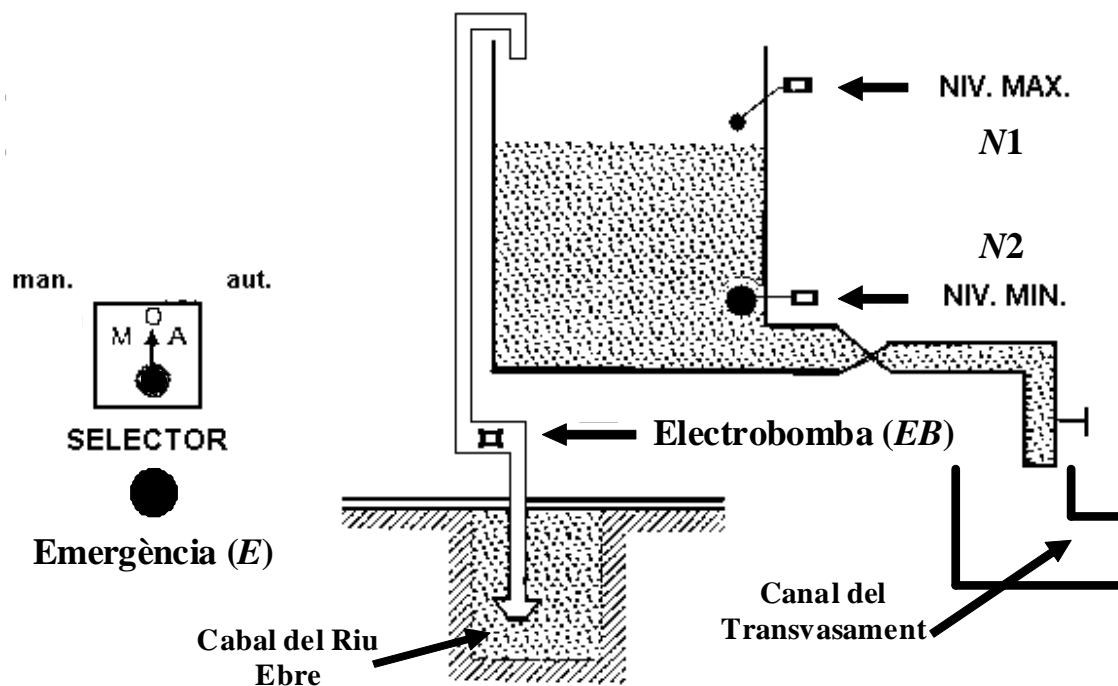


Actividad 17.- Suposem que el Ministeri d'Obres Públiques us encarrega, com a enginyers/res d'automatització i control, el disseny i la implementació de l'electrificació d'un sistema d'extracció d'aigua de riu Ebre per a un transvasament per a regadius de la zona, basat en una electrobomba (*EB*) de gran potència controlada amb un PLC.

Per realitzar el control disposem d'un selector de tres posicions diferents (que anomenarem *M-O-A*) per a elegir la forma de servei. En posició '*O*' la instal·lació haurà d'estar completament aturada. En posició '*M*' (Manual), l'electrobomba es posa en servei, sempre que el PLC detecti que un relè tèrmic (*RT*) associat a la electrobomba estigui connectat. L'aturada de la instal·lació s'efectuarà perquè el PLC detecta el dispar (desconnexió) d'aquest relè tèrmic per un sobrecorrent de la bomba, per canvi del selector a les posicions '*O*' ó '*A*', o per aturada d'emergència amb l'activació d'un polsador (*E*).

En posició '*A*' (Automàtic), l'electrobomba es posarà en funcionament sempre que l'aigua passi per sota del sensor de nivell mínim (sensor *N2*) i el desconnecti (nivell baix), i el relè tèrmic estigui connectat. L'aturada s'efectuarà quan l'aigua arriba al nivell màxim marcat pel sensor *N1* (activació del mateix), per dispar del relè tèrmic, per canvi a la forma de servei (posicions '*O*' ó '*M*') o per aturada d'emergència amb l'activació del polsador (*E*).

Si l'electrobomba està en servei, sigui per forma del servei manual o automàtic, haurà de lluir una lluminària de senyalització de color verd (*LV*). En qualsevol d'ambdós serveis, si el relè tèrmic es desconnecta o s'ha polsat *E*, a més de parar l'electrobomba, haurà de lluir una altra lluminària de senyalització (aquesta de color vermell) (*LR*). El sistema quedarà habilitat de nou per a funcionar (en mode manual o automàtic) sempre i quan l'operari passi el selector a la posició *O*. A més, una tercera lluminària (de color groc) (*LG*) s'utilitzarà en mode manual per indicar a l'operari corresponent que el nivell de l'aigua supera el màxim permès, però no haurà d'aturar el funcionament del motor (això ho farà el mateix operari de la planta).

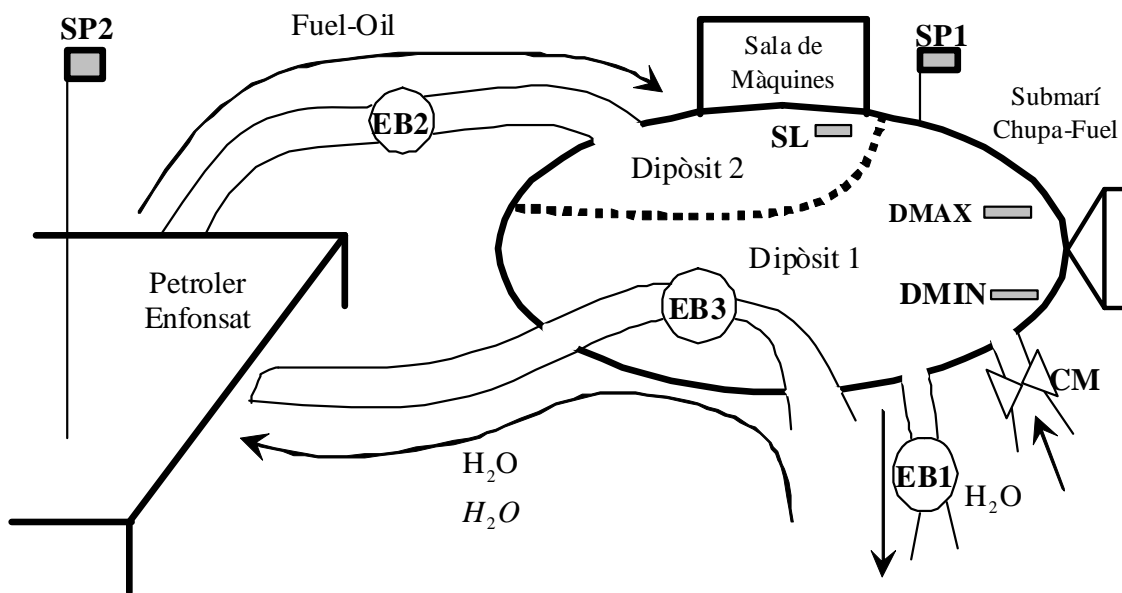


A partir de les especificacions, es demana:

1. GRAFCET de nivell 1 de la instal·lació.
2. GRAFCET de nivell 2 de la instal·lació.
3. Assignació d'entrades i sortides de l'autòmat programable associades a cada polsador, sensor o actuador, suposant que utilitzeu un autòmat programable C-20K d'OMRON.
4. Diagrama de contactes de la instal·lació.
5. Esquema de connexió elèctric de sensors i actuadors a l'autòmat programable i de la part de potència.

Actividad 18.- Davant del nombre creixent d'accidents i catàstrofes d'abocaments i fuites d'hidrocarburs al mar dels darrers anys, i que estan causant desastres naturals, destruint la flora, fauna i recursos naturals propers, us proposem inventar un artilugi submarí per poder extreure el fuel-oil de petrolers enfonsats. El projecte es basa en el enginy submarí anomenat 'Chupa-fuel' que pugui absorbir l'hidrocarbur des de les entranyes del petrolier (veure figura adjunta).

El procés es controlarà mitjançant un PLC de forma que el procés començarà amb la baixada del submarí des del vaixell quan la comporta CM s'obri deixant entrar aigua dins del submarí. Mantindrem aquesta comporta oberta fins que els sensors DMIN i DMAX quedin tots dos activats, de forma que entri prou aigua al dipòsit 1 per tal que el submarí baixi pel seu propi pes. En aquest moment la comporta es tancarà i el submarí començarà a baixar on està el petrolier enfonsat. Una vegada que el submarí arribi a la profunditat assenyalada, el sensor de pressió SP1 s'activarà.



Quan SP1 s'activi, una bomba (EB1) situada al dipòsit 1 del submarí començarà a expulsar aigua per tal d'equilibrar el pes del submarí amb l'empenta arquimèdica de l'aigua. Expulsarem aigua fins que el sensor de pressió SP1 torni a desactivar-se, moment en el que haurem assolit l'equilibri hidrostàtic. Durant tota la operació d'extracció del fuel, el submarí haurà de mantenir aquest equilibri.

A continuació, una mànega convenientment dirigida cap a una incisió feta prèviament al cos del petrolier començarà a absorbir l'hidrocarbur cap al dipòsit 2 del submarí fent servir l'electrobomba EB2. Una sonda introduïda als dipòsits del petrolier amb el corresponent sensor de pressió (SP2) mesurarà en tot moment la pressió dintre del mateix tanc. Si aquest sensor s'activés,

una tercera bomba (EB3) haurà d'introduir aigua del mar a les bodegues del petrolier enfonsat per una segona incisió feta a l'estructura del petrolier. D'aquesta manera ens assegurem de que la pressió interna dins del tanc serà aproximadament constant i evitarem la seva aixafada i, per tant, l'expulsió descontrolada al mar del 'txapapot'.

Cal notar que a mesura que el submarí va omplint-se de fuel, el seu pes augmenta fent-lo baixar. Al baixar es tornarà a activa el sensor SP1, indicant que hem perdut l'equilibri hidrostàtic. Llavors haurem d'expulsar aigua del dipòsit 1 fins assolir de nou l'equilibri hidrostàtic (quan SP1 torni a caure). Suposarem que el volum d'aigua al dipòsit 1 sempre és prou gran com per poder equilibrar l'increment de pes causat per la introducció de fuel fent aquesta operació.

Així anirem extraient fuel fins que el sensor SL situat al dipòsit 2 s'activi. Llavors el dipòsit del submarí estarà ple i, per tant, el procés de bombeig ha de cessar i haurem de pujar el submarí a la superfície. Aquest procés s'inicia amb l'activació de l'electrobomba d'expulsió d'aigua del dipòsit 1 fins que el sensor *DMIN* es desactiva, amb la qual cosa l'empenta de l'aigua sobre el submarí serà major que el seu pes, fent que pugi fins la superfície del mar.

A partir de les especificacions de funcionament, es demana:

- a) GRAFCET de nivell 1 i nivell 2 de la instal·lació. Assignació d'entrades i sortides de l'autòmat programable associades a cada polsador, sensor o actuador, suposant que utilitzeu un autòmat programable C-20 d'OMRON o un S7-200 de SIEMENS.
- b) Cronograma de funcionament de la instal·lació.
- c) Diagrama de contactes de la instal·lació.
- d) Esquema complet de connexió elèctric de tots els sensors i actuadors a les entrades i sortides de l'autòmat programable. Per poder connectar la senyal del sensor SP2 al vostre PLC, suposeu que us és enviada per radiofreqüència i que la rebeu amb un receptor que té una sortida directa a través d'un relé de 24 V_{DC} . Tots els altres sensors tenen sortida del tipus PNP, 24 V_{DC} a tres fils.
- e) Esquema complet del connexionat elèctric de la part de potència (amb les corresponents proteccions), sabent que la comporta CM s'activa amb senyals elèctrics de 12 V, i els motors de les electrobombes són trifàsics.

Actividad 19.- Suposeu que treballeu com a enginyers/res d'automatització a l'empresa 'Pelecé Guay S.A.', dedicada a l'automatització d'instal·lacions agrícoles i ramaderes. Els vostres clients (Pensos Martínez S.A., posem per cas) us encarreguen automatitzar un graner a la zona agrícola de Lleida per emmagatzemar cereals.

En una reunió amb els vostres clients us informen de les especificacions del disseny. La instal·lació està formada per un cargol sense fi que puja el cereal que els camions van descarregant al dipòsit (veure la figura següent). La posta en funcionament començarà automàticament quan el sensor de dipòsit buit (*B*) on descarreguen els camions es desactivi (és a dir, passi a nivell baix), indicant que aquest no es troba buit, o quan un operari activi manualment un polsador de marxa (*M*). S'arrencarà així el motor del cargol sense fi, i en aquest moment, el cereal es podrà emmagatzemar a qualsevol de les dues sitges; ara bé, sempre tindrà prioritat l'emplenat de la sitja 1 respecte la sitja 2. Així, per carregar-se qualsevol de les dues sitges es procedirà amb l'obertura de la comporta corresponent (*CM1* o *CM2*) i la posta en funcionament de la cinta transportadora corresponent (*CT1* o *CT2*), que fa que el cereal caigui a la sitja que toqui. Si el detector de nivell

(*SP1*), situat a la part superior de la sitja 1, indica que aquesta està plena, s'aturarà el procés d'emplenat d'aquesta sitja i començarà automàticament el mateix procés per a la sitja número 2.

La instal·lació quedarà totalment en repòs quan, o bé el sensor situat a la part superior de la sitja 2 (*SP2*) indiqui que aquest dipòsit està ple, bé quan el sensor *B* del dipòsit on descarrega els camions indiqui que aquest es troba buit, o bé quan es prem un polsador d'aturada (*A*). Ara bé, la instal·lació quedarà aturada 15 segons després de complir-se qualsevol de les tres condicions anteriors, per assegurar que en el cargol sense fi no queda cereal acumulat. A més, en cas d'emergència, el sistema tindrà un polsador *E* que aturarà (sense cap retard) la instal·lació automàticament.

A partir de les especificacions del disseny, es demana:

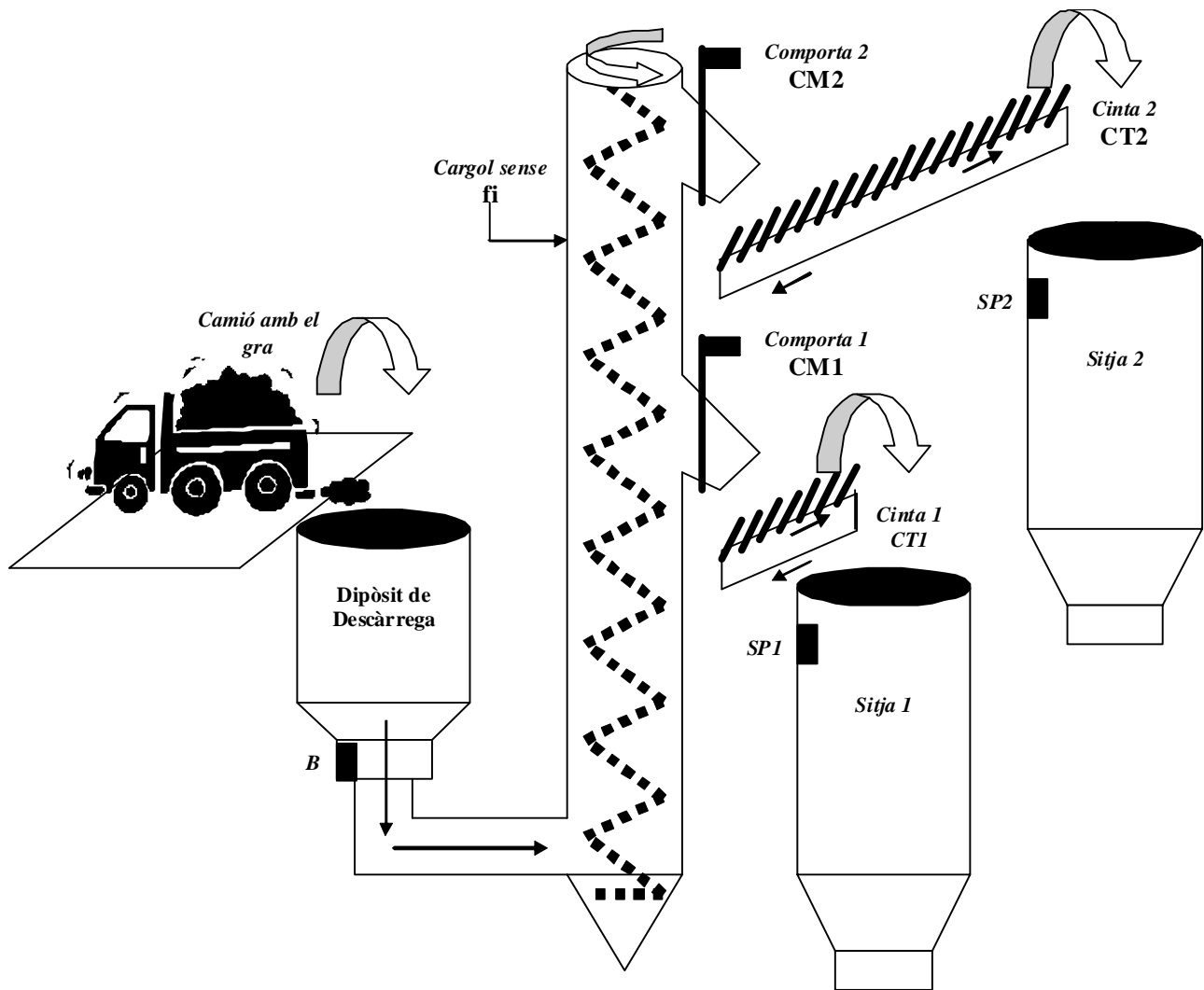
- a) GRAFCET de nivell 1 de la instal·lació.
- b) GRAFCET de nivell 2 de la instal·lació.
- c) Assignació d'entrades i sortides de l'autòmat programable associades a cada polsador, sensor o actuador, suposant que utilitzeu un autòmat programable C-20K d'OMRON.
- d) Diagrama de contactes de la instal·lació.
- e) Programa de l'automatisme.
- f) Esquema de connexió elèctric de polsadors, sensors i actuadors a l'autòmat programable.
- g) Esquema elèctric de la part de potència, suposant que tant les electrovàlvules d'obertura de comportes com els motors del sistema són trifàsics.
- h) Si el motor del cargol sense fi és d'una potència nominal de 50 kW, els de les dues cintes transportadores són de 30 kW i les electrovàlvules són de 5 kW, determineu la secció dels cables si utilitzeu cables tetrapolars de coure amb coberta de goma butílica i instal·lat dintre de tub, en una instal·lació a l'aire. Determineu també els tubs protectors dels cables (tipus de tubs que agafeu i la seva secció).

NOTA: Baseu-vos en tot moment en el REBT. Supposeu que les potències anteriors tenen uns factors de potència: $\cos\varphi = 0,85$.

i) Supposeu ara que heu d'afegir la següent sèrie de redundàncies i contactes de confirmació per augmentar la fiabilitat de la instal·lació:

- Col·loqueu redundància de sensors per tal que si el sensor de "dipòsit ple" de la sitja 1 (és a dir, *SP1*) ó de la 2 (*SP2*) no entren en funcionament, el gra no caigui a l'exterior. Si aquests nous sensors s'activen hauran d'aturar la instal·lació automàticament i activar un senyal d'alarma.
- En cas que la cinta transportadora *CT1* quedi parada a causa d'una sobreintensitat del seu motor o la comporta *CM1* no s'obri, haurà d'entrar automàticament en funcionament la cinta *CT2*, carregant-se per tant la sitja 2.
- En cas que la cinta transportadora *CT2* quedi parada a causa d'una sobreintensitat del seu motor, o la comporta *CM2* no s'obri, haurà d'aturar-se la instal·lació de forma automàtica.

i) Realitzeu, amb aquestes noves especificacions, el nou diagrama de contactes i el programa per a l'automatisme complet.



Actividad 20.- La firma TecnoAgro, ubicada a Saragossa, és una empresa dedicada a fabricar i instal·lar sistemes automàtics d'alimentació per a animals de granges agrícoles. A l'actualitat, disposa d'un equip d'alimentació automàtic (model UNIDIEZ) que una vegada instal·lat proporciona menjar a animals rumugadors (*rumiantes*) en granges (veure la figura 1). Suposem que terminada la carrera, aneu a treballar com a enginyers/res a aquesta empresa i la primera feina que us demana el vostre 'jefe' és la de dissenyar el sistema d'automatització de la planta per a una instal·lació agrícola de Vic, i que està basada en un autòmat C-20K de la sèrie SYSMAC d'OMRON. Anem per tant a estudiar un d'aquests sistemes d'alimentació (veure la figura 2).

El sistema està format per quatre dipòsits o sitges que alimenten la màquina que tritura els ingredients. El menjar s'elabora amb palla com element base (emmagatzemada al dipòsit 1) més un o dos dels tres possibles elements (alfals (*alfalfa*), ordi (*cebada*) o blat de moro) emmagatzemats als respectius dipòsits 2, 3 i 4. El cos central de la màquina està format per una tolva mescladora que barreja i tritura els diferents elements de la mescla del pinso. Una vegada feta aquesta mescla del menjar, un cargol sense fi la porta cap al menjador on els animals poden ficar el cap i menjar-la.

La posta en funcionament començarà automàticament quan un temporitzador (T) situat a la màquina (i programat prèviament pel ramader) doni un senyal elèctric d'1 s de durada, o quan un operari activi manualment un pulsador de marxa (M). A més, a la botonera de la màquina hi ha una

sèrie d'interruptors (*A*, *B* i *C*) a disposició de l'usuari que 'programen' manualment la mescla que vol que la màquina faci quan comenci a funcionar de la forma:

- Interruptor *A* = *ON* : Entrada d'alfals a la màquina.
- Interruptor *B* = *ON* : Entrada d'ordi a la màquina.
- Interruptor *C* = *ON* : Entrada de blat de moro a la màquina.

A la connexió de la instal·lació s'obriran les electrovàlvules *EV1*, *EV2*, *EV3* i *EV4* que deixen passar els cereals cap a la màquina mescladora en funció de la posició dels interruptors; el motor *M* de la tolva començarà a funcionar als 10 s de l'obertura de qualsevol de les quatre electrovàlvules, simultàniament amb l'obertura de les comportes *CM1* i *CM2* i, a continuació, el cargol sense fi començarà *CSF* a portar la mescla cap als animals passats 15 segons més.

En el moment que es detecti que algun dels dipòsits d'emmagatzematge de cereals del què s'està traient gra ha quedat buit (gràcies als sensors *DP1*, ..., *DP4*), s'encendrà un llum indicador (*B1*, *B2*, *B3* ó *B4*) al damunt del respectiu dipòsit i la instal·lació quedarà aturada amb una seqüència semblant a la d'arrencada: primer es tancaran les electrovàlvules *EV1*, *EV2*, *EV3* i *EV4* que estiguessin obertes, als 10 s el motor de la tolva deixarà de funcionar i, finalment, el cargol sense fi s'aturarà i les comportes *CM1* i *CM2* es tancaran passats 15 segons més. Si en canvi tot funciona bé, la instal·lació s'aturarà als 30 minuts aproximadament d'haver començat a funcionar o quan el granger polsi un polsador d'aturada (*P*) de la instal·lació. En aquests dos casos, la seqüència d'aturada és la mateixa que l'explicada anteriorment.

A partir de les especificacions de funcionament, es demana:

- a) GRAFCET de nivell 1 de la instal·lació.
- b) GRAFCET de nivell 2 de la instal·lació. Assignació d'entrades i sortides de l'autòmat programable associades a cada polsador, sensor o actuador, suposant que utilitzeu un autòmat programable C-20K d'OMRON.
- c) Diagrama de contactes de la instal·lació.
- d) Programa sencer amb instruccions de la sèrie SYSMAC.
- e) Disseny de la circuiteria necessària (amb valors de tots els components) per condicionar adequadament el senyal *T* provinent del temporitzador, si quan aquest s'activa proporciona un senyal sinusoidal de 120 V i 50 Hz de freqüència.
- f) Disseny de la circuiteria necessària (amb valors de tots els components) per condicionar adequadament el senyal proporcionat pel sensor *DP1*, si és un sensor actiu que proporciona 12 V quan està actiu i 0 V quan està desactivat.
- g) Disseny de la circuiteria necessària (amb valors de tots els components) per condicionar adequadament els senyals proporcionats pels sensors *DP2*, *DP3* i *DP4*, si aquests són sensors actius que proporcionen 0 V quan estan actius i 12 V quan estan desactivats.
- h) Disseny de la circuiteria necessària (amb valors de tots els components) per condicionar adequadament els senyals proporcionats pels tres interruptors *A*, *B* i *C*, si aquests són sensors passius que estan connectats a una font *DC* de la màquina de 5 V.
- i) Esquema complet de connexió elèctric de tots els sensors, polsadors i interruptors a les entrades de l'autòmat programable.
- j) Esquema complet de connexió elèctric dels actuadors a les sortides de l'autòmat programable, sabent que les electrovàlvules i bombetes estan connectades a 220 V, les comportes s'activen amb senyals elèctrics de 12 V, i els motors de la instal·lació són trifàsics amb potències de 20 kW.

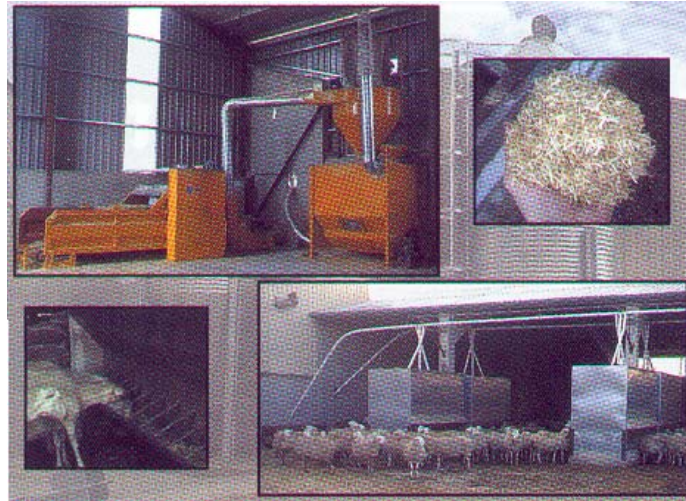


Fig. 1.- Model UNIDIEZ del sistema d'alimentació per a remugadors que comercialitza l'empresa TecnoAgro.

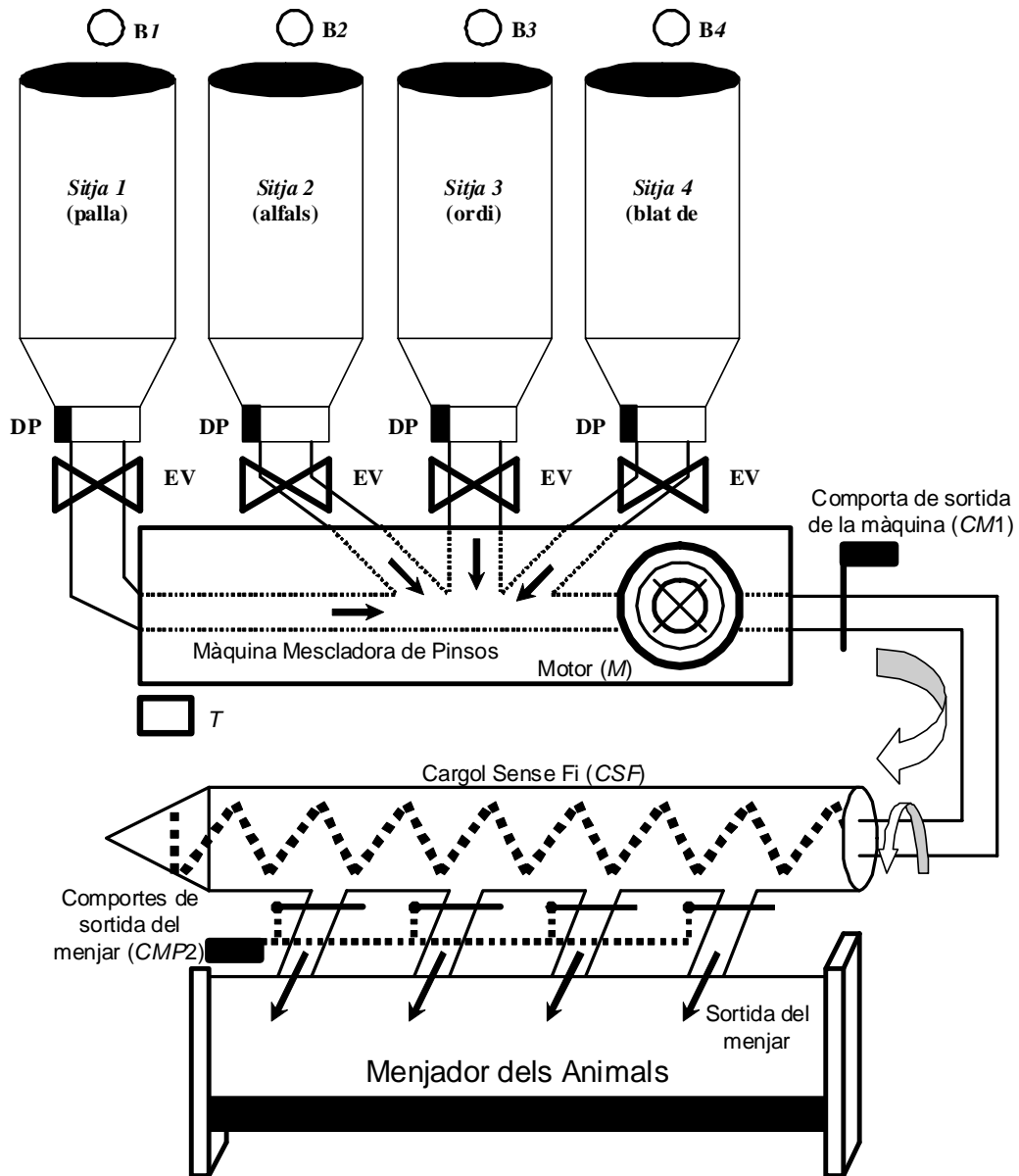


Fig. 2.- Diagrama esquemàtic del sistema d'alimentació per a remugadors que comercialitza l'empresa TecnoAgro.

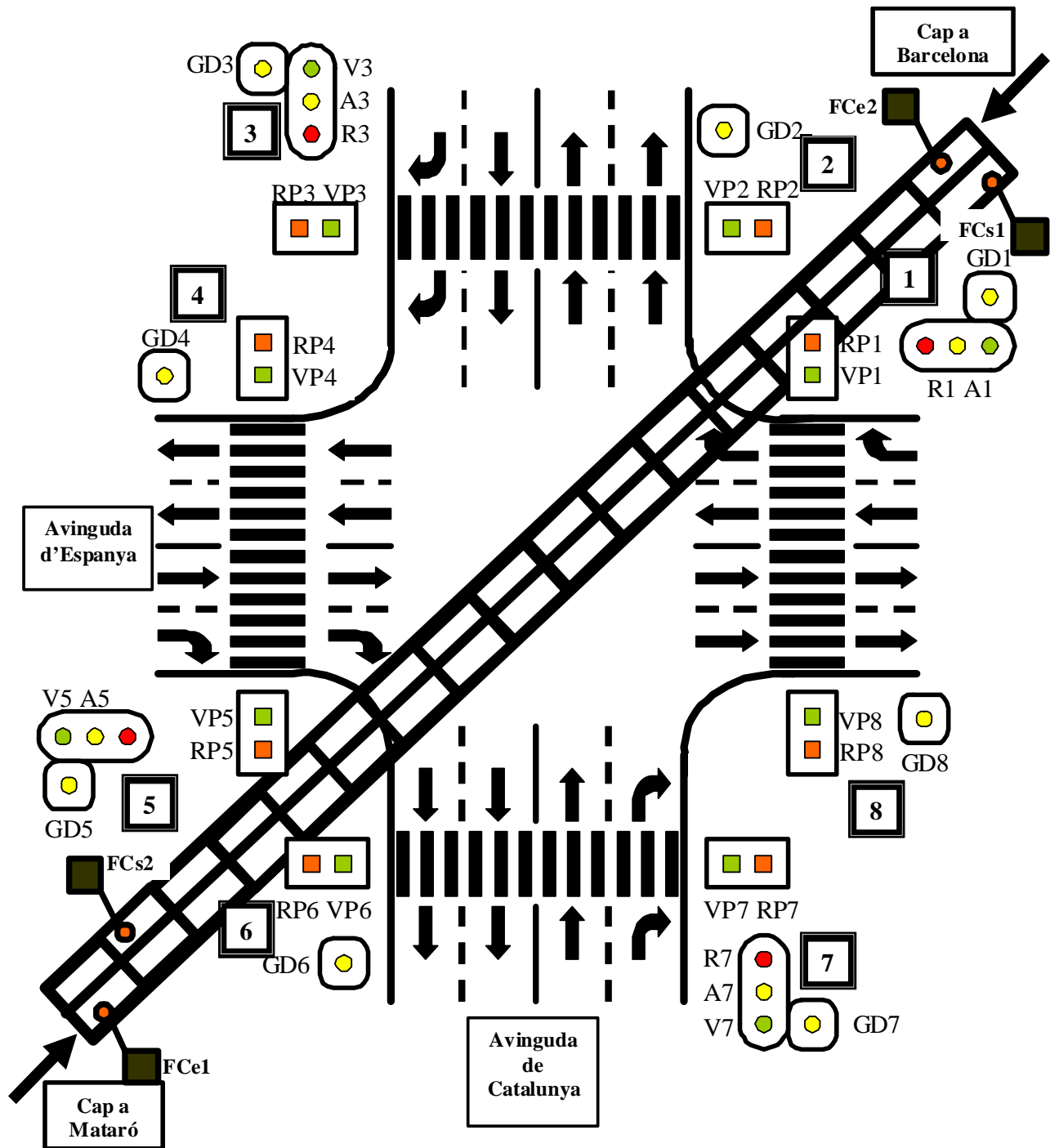
Actividad 21.- Supposeu que treballeu com a enginyers/res d'automatització a l'empresa 'City Pelecé S.A.', dedicada a l'automatització d'instal·lacions per al control del trànsit viari. L'Ajuntament de Badalona us encarrega automatitzar una cruïlla d'alt risc de col·lisió compost per un parell d'avingudes perpendiculars entre elles i les vies de la línia fèrrea Barcelona-Mataró de RENFE, en diagonal respecte les dues avingudes anteriors (vegeu la figura adjunta).

En una reunió entre la vostra empresa, l'Ajuntament i la companyia RENFE, us informen de les especificacions del disseny. El sistema d'indicació té 8 conjunts de semàfors a les quatre cantonades. En condicions normals (és a dir, sense pas de cap tren), ambdues direccions s'alternen regularment d'acord amb l'esquema en planta presentat de la cruïlla, amb cicles alternats de 45 s, repartits en una seqüència de 40 s en verd ($Vx ON$, on x pot ser 1, 3, 5 i/ó 7) i 5 s en ambre (groc) ($Ax ON$, on x pot ser també 1, 3, 5 i/ó 7) abans de passar a vermell ($Rx ON$). Els passos de vianants, per la seva banda, tindran una seqüència de 35 s en verd ($Vpy ON$, on y pot ser 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 i/ó 8) més 10 s en verd amb intermitències d'1 s abans de passar a vermell ($Rpy ON$). Els llums GDy de Gir a la Dreta amb Precaució han d'estar activats (amb intermitències de 0,5 s) quan es permeti fer aquesta maniobra.

Quan un tren, provinent tant de Barcelona com de Mataró, entra al nucli urbà (indicat per l'activació d'un parell de sensors $FCe1$ i $FCe2$, respectivament), els semàfors passaran a l'estat lògic de permetre el pas del tren i no pas dels cotxes (si un semàfor està en verd $-Vx ON-$, haurà de passar a ambre ($Ax ON$) 5 s abans de posar-se en vermell ($Rx ON$). Al mateix temps, els vianants podran creuar tots els passos de zebra (llums VPy activats). Això sí, els cotxes podran girar cap a la dreta travessant els semàfors 3-4 i 7-8, indicat amb els llums GDz activats amb intermitències de 0,5 s (on z val 3, 4, 7 i 8). Una vegada que el tren ha passat del nucli urbà, indicat pels sensors de sortida $FCs1$ o $FCs2$ es reiniciarà el procés passat 10 s, sempre i quan no hagi un nou tren entrant al nucli de la població.

Es demana:

- a) Representació TOTALMENT CLARA del cronograma o diagrama de temps complet del sistema.
- b) GRAFCET de nivell 1 de la instal·lació.
- c) GRAFCET de nivell 2 de la instal·lació.
- d) Assignació d'entrades i sortides de l'autòmat programable associades a cada polsador, sensor o actuator, suposant que utilitzeu un autòmat programable C-20K d'OMRON.
- e) Diagrama de contactes de la instal·lació.
- f) Programa de l'automatisme amb instruccions de la sèrie SYSMAC.
- g) Esquema de connexió elèctric de sensors i actuadors a l'autòmat programable.
- h) Esquema elèctric de la part de potència.
- i) Comentar la inclusió de redundàncies i contactes de confirmació al sistema per augmentar la seguretat i fiabilitat de la instal·lació, disminuint al màxim el risc d'accidents.



Nota: Si requereix alguna aclaració sobre el contingut d'aquesta activitat, pot dirigir-se per e-mail al Professor Herminio Martínez (herminio.martinez@upc.edu). Per favor, identifiqui-se en el camp del missatge com "alumne EMPDAR".