

Disseny i càlcul d'una estructura destinada a magatzem de llibres

Sergio Gamero Pinilla. Enginyeria Tècnica Industrial Especialitat Mecànica.

Departament de Resistència de Materials i Estructures a l'Enginyeria. Juny 2008.

Resum - La idea d'aquest projecte comença amb una experiència pròpia treballant a una editorial de llibres. El magatzem d'aquesta editorial cada vegada era més petit per ubicar tants llibres i els propietaris de l'empresa van pensar en la construcció d'una nova nau. S'ha pensat per les necessitats presents i futures a llarg termini d'aquesta editorial.

El present projecte s'ubica al Polígon Salines del Terme Municipal de Sant Boi de Llobregat.

Abans de començar he realitzat diverses visites a l'arquitecte tècnic de l'ajuntament per informar-me de les normatives del municipi, a una obra molt a prop de la ubicació del meu projecte, on em va facilitar l'arquitecte tècnic un informe geotècnic detallat del terreny per poder escollir el tipus de fonamentació i apart visites a diverses empreses dedicades a la fabricació de formigó prefabricat.

L'estructura és una nau a dues aigües de 1568 m² i de formigó prefabricat. Al seu interior s'ha fet la distribució de les seves instal·lacions: magatzem, oficines, serveis i vestuaris.

Per tenir cura del medi ambient s'ha realitzat una instal·lació de plaques fotovoltaïques per reduir les emissions de CO₂ al medi ambient i s'ha realitzat la instal·lació de Baixa Tensió per les necessitats de la futura nau i amb l'ajuda de programes informàtics que calculen les necessitats lumíniques i de potència.

Paraules clau – Formigó, Magatzem, Pilars, Estructura, Jàssera, Façana, Coberta, Instal·lacions, Sostenible, Seguretat.

I. INTRODUCCIÓ

A partir d'un cas real, d'una empresa editorial de llibres on les seves ventes evolucionen molt positivament i a la vegada comença a tenir problemes

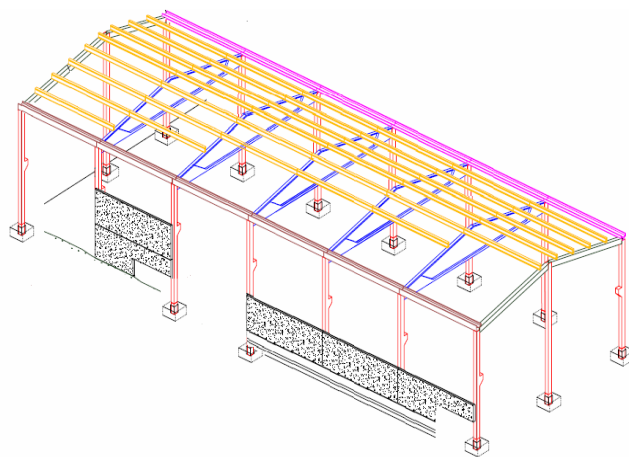


Figura 1. Nau Industrial de formigó en construcció

d'espai al seu magatzem, sorgeix la idea d'aquest projecte.

Les necessitats d'aquesta empresa son diverses: una nova nau de formigó prefabricat per emmagatzemar i no tindre problemes d'espai, ubicar les seves oficines de tipus prefabricat a una part de la nau i realitzar les instal·lacions necessàries perquè es pugui treballar amb condicions òptimes i segures.

El projecte que es presenta vol solucionar totes aquestes necessitats. Abans de començar s'ha tingut coneixement de la possible evolució de l'estoc i del nombre màxim de persones poden treballar en un futur. S'ha dissenyat i calculat una nau industrial de formigó prefabricat per emmagatzemar un total de mil palets tipus europeu 120x80 cm. i amb unes instal·lacions per treballar nou persones a les oficines com a màxim i quatre al magatzem.

S'ha respectat les normatives necessàries en cada part del disseny del projecte i també hi ha un estudi de seguretat i salut a les obres per garantir la seguretat dels treballadors i de les instal·lacions.

Aquest projecte, tracta el disseny i càlcul de la nau conjuntament amb les seves instal·lacions de electricitat, fontaneria, contra incendis i fotovoltaïca.

II. ANTECEDENTS I MEMÒRIA DESCRIPTIVA

La nau es troba situada al Polígon Salines de Sant Boi de Llobregat. El lloc on s'ha construït és un solar de 7154,25 m² on abans no hi havia cap edificació. La nau que és de tipus aïllada, ja que no està en contacte directe amb cap altre nau, compleix perfectament les separacions mínimes d'edificació que dicten les Condicions d'Ordenació Urbanística dins del Pla de Millora Urbana i dues Ordenances de l'ajuntament. La primera, "Ordenança reguladora de la previsió d'aparcaments" demana una plaça d'aparcament per cada local de superfície superior a 100 m², en principi seguint aquesta norma, per les dimensions de la nau 1568 m² es necessitarien 16 places d'aparcament, en aquest projecte s'ha definit un total de 35 places. L'altre, "Ordenança Municipal reguladora de sistemes de captació solar per a usos tèrmics", per protecció del medi ambient, hi ha la obligació d'incorporar sistemes de captació d'energia solar activa de baixa temperatura per a la producció d'aigua calenta sanitària a les construccions situades a aquest terme municipal. Aquesta Ordenança es compleix ja que s'ha instal·lat un sistema de captació solar per les necessitats de 13 treballadors.

Nau Industrial

El recinte de la nau tindrà una superfície pràcticament rectangular i es podrà accedir des de dos carrers, pel carrer Osca nº11 on accediran el personal a peu i els automòbils i per la Carretera del Prat 9-11 per on accediran els vehicles pesats: camions, furgonetes, etc.

Es pot accedir a la nau per la porta est de la nau on es troba la recepció, o per les dues portes de la façana sud on entrem al magatzem. Les portes exteriors de la nau i les dues portes que connecten oficines i magatzem son de 1,2 m d'ala, les portes interiors de les oficines i serveis son de 0,8m., i les dels vàters i dutxes de 0,6m. Totes les portes s'obriran de dins a fora per seguretat, excepte les de les dutxes i vàters. A totes les façanes de la nau hi hauran finestres per garantir la llum interior.

La nau té una alçada útil de 8m i a dins seu es poden diferenciar les següents superfícies:

Magatzem

En dimensions és la part més important de la nau, és on troba tot l'estoc de llibres de la editorial. S'ha dissenyat per complir les necessitats futures d'emmagatzematge i consta de cinc fileres de prestatgeries de les quals tres son dobles. Per dimensionar els passadissos s'ha pensat en la possibles necessitats futures de que operin dues

toros elevadors a la vegada i no posin en perill als treballadors a peu.

Oficines:

Es on es gestionen i s'organitzen les tasques administratives de la empresa. En aquesta zona hi trobem els despatxos del director, Recursos Humans i Comptabilitat. També hi haurà una zona de secretaria i una recepció.

Serveis i Vestuaris:

Hi hauran dos serveis i dos vestuaris, al servei de les dones hi hauran 4 vàters, en canvi als d'homes hi hauran 3 vàters i un urinari, al dos serveis hi hauran dos rentamans que disposaran d'aigua calenta. Als vestuaris d'homes i dones, hi hauran dos dutxes d'aigua calenta i freda.

Instal·lacions de la nau

Fotovoltaica

Per contribuir a la reducció de les emissions de diòxid de carboni (CO₂) s'ha realitzat una instal·lació solar fotovoltaica només a la coberta sud per eficiència dels panells. La instal·lació estarà connectada a la xarxa de baixa tensió. Quan la nau no necessiti aquesta energia, la companyia elèctrica subvencionarà econòmicament a l'empresa propietària de la nau. Això ho regula el R.D. 436/2004 que estableix les condicions d'exploració per productors d'energia en règim especial.

Elèctrica de Baixa Tensió

La part elèctrica s'ha realitzat treballant amb el Reglament Electrotècnic de Baixa tensió (R.D. 842/2002) s'ha realitzat les instal·lacions necessàries per garantir energia elèctrica al punts de força necessària a cada zona de la nau i s'ha realitzat un estudi específic d'iluminació per cada zona.

Fontaneria

Aquesta part ha complert les necessitats que dicta el "Document Bàsic de Salubritat subministrament d'aigua del CTE-DB HS 4". Es disposarà d'una instal·lació d'aigua potable a la nau. Hi haurà aigua calenta a les dutxes i als rentamans gràcies a una instal·lació solar tèrmica d'obligada incorporació per

l'ordenança d'aigua calenta sanitària abans esmentada.

Contra incendis

Per garantir la seguretat en cas d'incendi s'ha realitzat un estudi seguint el RSCIEI R.D. 2267/2004 per garantir la seguretat de tots els treballadors en cas d'incendi.

III. MEMÒRIA CONSTRUCTIVA

Al la part memòria constructiva diferenciarem la part de la construcció de la nau amb la part d'instal·lacions:

Construcció de la nau

Aquest projecte comença amb la neteja del terreny per poder realitzar les feines d'excavació dels fonaments. L'excavació de terres, es realitzarà per medis mecànics, per realitzar la obertura de les sabates i ubicació de les cimentacions, amb les dimensions indicades al plànol corresponent. El material que s'ha transportat fins l'abocador complint les exigències de la normativa vigent. Les dimensions de la nau seran 28 m de llum i 56 de lateral.

Així, tal i com es pot veure als plànols i amb la informació de l'informe geotècnic, realitzarem una fonamentació amb sabates. Disposarem de 18 sabates de formigó i unides per bigues de lligat.

S'ha treballat amb l'empresa de prefabricats Trumes la qual ha facilitat una taula amb la informació necessària per dimensionar la nau, aquesta taula es troba a l'apartat 2.33. de la memòria del projecte . El fabricant garanteix que els diferents elements de l'estructura (corretges bigues delta, frontals, pilars...) sotmesos a les diferents accions compleixen en quant al seu comportament resistent. Amb les dades d'alçada útil i llum obtenim els elements constructius de l'estructura:

-Els **pilars**, hi hauran un total de 18, 8 a cada lateral, 1 al frontal i 1 al darrere. Tots els pilars tindran una

secció de 50x50, els seu material constructiu es formigó HA.35 i acer armadura passiva B 500 SD.

-Les **Jàsseres amb doble pendent** del 10% tipus Delta T-1 per llums de 28 metres. Amb aquestes característiques tindrem a la taula de dimensions una alçada central de 195 cm. Els seus materials

constructius son formigó HA-45, acer armadura passiva B 500 SD i Y 1860 S7. S'han utilitzat 5 jásseres d'aquest tipus que es col·locaran a dels pilars interiors.

-Les **Jàsseres riostra T**, pretensada de secció constant per solucionar els extrems, serveix per arriostrar l'estructura i fixa els tancaments de façana frontals. Per això, es troba a sobre dels pilars exteriors. Els seus materials constructius son formigó HA-45 i acer armadura passiva b 500 SD. S'ha utilitzat quatre jásseres T-55 d'aquest tipus.

-Els **Canals de riostra tipus H**, és tracta d'una jássera pretensada porta canaló per la recollida de les aigües pluvials, la seva missió també es col·laborar amb l'arriostrament de l'estructura i la

fixació dels panells de tancament. S'han utilitzat 14 canals tipus H-50/50 amb diàmetre de baixada de 20 cm i de 8 metres de llargària.

Del sistema envolvent de l'estructura cal destacar:

-Les **Corretges de coberta**, per les necessitats d'aquesta obra s'utilitzat les de tipus I-25. Els seus materials constructius son formigó HA-45 i acer armadura activa Y 1860 S7. L'ancoratge de les corretges amb les jásseres de coberta es fa amb platines de fixació. Hi ha un total de 126 corretges de coberta de 8 metres de llargària.

-Els **Tancaments de façana** es projecta amb panells de formigó prefabricat pretensat d' espessor 24 cm. I encastats entre si, mitjançant uns sistemes d'encadellat del que disposen a la seva part inferior i superior. Una vegada col·locats s'ha segellat les unions tant entre panells com entre aquests i els pilars. Es disposa de panells especials a les zones de portes i finestres realitzant-se l'allotjament de les mateixes. Estèticament els panells son llisos. Els seus materials constructius son formigó HA-25 i acer armadura activa B 500 SD. El panells tindran una alçada de 11 metres.

-Els **Tancaments de coberta** s'ha realitzat amb panells de gruix de xapa de 0,5 mm., revestiment de poliester 25 i ànima d'escuma rígida de poliisocianurat

(PIR). Hi haurà un total de 100 panells per cobrir la coberta.

-Utilització de **Lluernes acríliques** que s'acoblen perfectament als panell de coberta. Serviran per donar una millor il·luminació a dins de la nau.

S'han tingut en compte el comportament a pes propi de la nau,

Instal·lacions

Hi hauran instal·lacions de panells fotovoltaïcs, de baixa tensió, de fontaneria i contra incendis.

Instal·lació de panells fotovoltaïcs

Hi haurà un total de 270 panells de 120W col·locats en fileres a la coberta de la nau amb una orientació al perfectament al sud i una inclinació de 35° respecte el terra. L'energia elèctrica que proporcionen els panells és contínua i per això a aquesta instal·lació s'han connectat 6 inversors de 600V de tensió màxima d'entrada per transformar aquest corrent en altern, Cada panell estarà subjectat amb una estructura suport i aquesta a la coberta tal i com s'especifica al planol de subjecció. La instal·lació connectada a la xarxa elèctrica de baixa tensió.

Instal·lació de Baixa Tensió

Treballant amb el Reglament Electrotècnic de Baixa tensió (R.D. 842/2002) s'ha dimensionat el circuit elèctric amb les proteccions necessàries: Interruptors magnetotèrmics, interruptors diferencials, pressa a terra. S'ha realitzat les connexions tipus TT on el neutre del transformador es connecta a terra. Hi ha una connexió directa amb el carregador del toro i als diferents aparells de climatització. Segons cada espai s'han instal·lat els endolls necessaris. A les oficines i vestuaris hi hauran fluorescents de 58W i al magatzem i exteriors llums de 400 W de vapor de mercuri. Tambè hi hauran llums d'emergència de 22W per tota la nau per garantir la visibilitat en cas d'emergència. Les línies generals de distribució de la nau, preses de corrent i caixes de connexió es realitzarà amb tub rígid de PVC grapat sobre la paret. Les línies d'alimentació d'endolls i lluminàries es realitzarà amb tub flexible de PVC classe M1 i grapat sobre la paret o fals sostre.

La potència total instal·lada es de 74,77 kW, la potència màxima admissible de la instal·lació es de 69,28 kW i la potència a contractar 59,5 kW.

La ubicació de cada endoll es determinarà al plànol de força i cada llum està detallat als plànols de enllumenat, enllumenat exterior i enllumenat d'emergència que es troben a l'annex plànols.

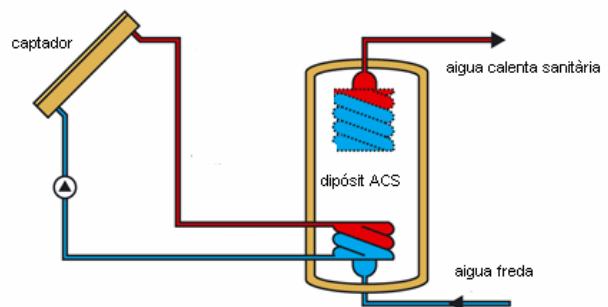
Instal·lació de fontaneria

El subministrament d'aigua es realitzarà per la conducció que la companyia Agües de Barcelona té a la zona. La pressió subministrada és de 35 m.c.a.

Hi haurà una escomesa on trobarem, la clau de pas, el tub d'escomesa per enllaçar la clau de pas amb la

clau de tall general i la clau de tall a l'exterior del recinte. Les canonades d'aigua freda estan separades a una distància mínima de 4 cm. amb la calenta i en les parts que estan en una mateixa pla la freda sempre va per sota de la calenta. Les canonades estan a una distància en paral·lel de més de 30 cm. Per respectar el medi ambient les aixetes son amb temporitzador per estalviar el consum d'aigua. Les velocitats de les canonades es troben entre les dades que dona la norma abans esmentada per canonades metàl·liques $0,50 < v < 2,00$ m/s. El total de punts de consum serà: 7 vàters, 1 urinari, 6 rentamans i 6 dutxes.

La part d'aigua calenta sanitària s'ha instal·lat una placa solar tèrmica i un dipòsit per garantir 200 l/dia d'aigua calenta. Les necessitats d'aigua calenta només son per 6 dutxes i 6 rentamans.



La ubicació de les canalitzacions es determinarà al plànol de fontaneria que es troba a l'annex plànols.

Instal·lació contra incendis

Després de realitzar l'estudi de risc intrínsec al magatzem i veure que hi ha un risc mitjà de nivell 5 s'adopten les següents mesures:

Segons el RSCIEI R.D. 2267/2004 Annex II de "ventilació i eliminació de fums i gasos de combustió" es disposarà d'un sistema d'evacuació de fums dissenyat segons la norma UNE 23585/2004, als sectors destinats a magatzem de més de 1000 m².

Elements de detecció contra incendis, hidrants exteriors, extintors portàtils de eficàcia 21A cada 15 m, boques d'incendi equipades BIE DN 25 mm amb toma addicional i amb pressió a la boquilla de 2 a 5 bars.

La ubicació de tots els elements de contra incendis es troba al plànol contra incendis que es troba a l'annex plànols.

IV. CÀLCULS JUSTIFICATIUS

Per realitzar els càlculs necessaris a la obra o a totes les instal·lacions s'ha realitzat segons el cas amb programa de software, amb fulla de càlcul o amb les fórmules necessàries a cada cas. S'ha calculat les dimensions de les sabates amb les fórmules de càlcul de sabates facilitades a

l'assignatura de CEAO i amb l'ajuda del llibre "Hormigón Armado" de P.Jiménez Montoya.

A la instal·lació fotovoltaica s'ha realitzat amb les fórmules el càlcul de la distància entre fileres de panells per evitar ombres i el resultat ha sigut com a mínim 0,95 m. producció energètica anual s'ha utilitzat el programa PVSist 3.0 i dona el total d'energia produïda durant una any 38407 Kwh.

Els càlculs de les instal·lacions de Baixa Tensió s'han realitzat amb l'ajuda de dos programes de software. Per dimensionar les seccions dels cables, veure quina es la intensitat de curtcircuit i la caiguda de tensió de la instal·lació s'ha utilitzat el programa Ecodial. Per fer l'estudi d'iluminació necessària s'ha utilitzat el programa Dialux.

Per realitzar els càlculs de fontaneria s'ha utilitzat dos fulles de càlcul. Una per calcular els diàmetres de les canalitzacions i l'altre per calcular el nombre de panells necessaris per garantir aigua calenta sanitària a 13 treballadors si segons "Ordenança Municipal reguladora de sistemes de captació solar per a usos tèrmics" han de consumir 20 l/dia cadascun. El total 260 l/dia es garanteix amb una placa solar tèrmica.

A les canalitzacions s'ha calculat els diàmetres de les canalitzacions estudiant les pèrdues per accessoris.

A la instal·lació de contra incendis amb el RSCIEI. R.D. 2267/2004 s'ha realitzat amb la fórmula de l'estudi de les càrregues de foc segons els diferents sectors d'incendi i el resultat ha sigut que el magatzem té un nivell de risc intrínsec mig nivell 5.

Seguint el NBE-CPI-96 s'ha realitzat el càlcul d'ocupació dels establiments industrials.

Amb un programa facilitat per l'empresa sodeco s'ha calculat les necessitats de ventilació a la nau.

V. ALTRES ASPECTES DEL PROJECTE

Dins de la part **d'instal·lació fotovoltaica** hi ha un **estudi econòmic**, que s'ha realitzat per comprovar si es viable econòmicament o no aquest tipus d'instal·lacions. El resultat a sigut positiu ja que aquesta instal·lació estarà totalment amortitzada en 10,8 anys i la instal·lació té una durada mitja de 25 anys o més.

S'ha realitzat un **Pla de Seguretat i Salut** exhaustiu seguint el RD1627/1997, que implanta l'obligarietat d'incloure per definir les mesures preventives per garantir la seguretat en tot moment dels treballadors.

A la memòria del projecte es pot consultar el **Plec de condicions**, que té com a finalitat regular l'execució de les obres fixant els nivells tècnics i de qualitat exigibles, precisant les intervencions que corresponen, segons el contracte i d'acord amb la legislació aplicable, al Promotor, al Contractista i a la Direcció Facultativa, així com les relacions entre tots ells i les seves corresponents obligacions en ordre al compliment del contracte d'obra.

La realització d'aquest projecte ha suposat un **cost de 513688,78 d'euros**.

Bibliografia:

- [1] Jiménez Montoya, P. *Hormigón Armado*, 14a Ed. Editorial Gustavo Gili, Barcelona, 2000.
- [2] Prefabricats Trumes [en línia], Productes [Primera consulta:28 de Febrer de 2008]
< <http://www.trumes.es/ESP/productes.asp>>
- [3] Moreno Gil,J. *Guía de las Normas U.N.E. del R.E.B.T.*, 3a Ed. Editorial Paraninfo, Madrid 2003.
- [4] Roldán Viloría, J. *Seguridad en las instalaciones eléctricas*. 2a Ed. Editorial Paraninfo, Madrid 2002.
- [5] UPC Commons [en línia], Treballs Acadèmics [Primera consulta:5 de Març de 2008].
<http://upcommons.upc.edu/pfc>