



Escola Politècnica Superior
d'Enginyeria de Vilanova i la Geltrú

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

PROJECTE FI DE CARRERA

TÍTOL: Ampliació de nau destinada a l'emmagatzematge.

AUTOR: Jaume Gallego Vendrell

TITULACIÓ: Enginyeria Tècnica Industrial, especialitat en mecànica

DIRECTOR: Carolina Herranz

DEPARTAMENT: Resistència de materials i estructures a l'enginyeria

DATA: Febrer 2009

Ampliació de nau destinada a l'emmagatzematge.

Jaume Gallego Vendrell. Enginyeria Tècnica Industrial Especialitat en Mecànica.

Departament de Resistència de Materials i Estructures a l'Enginyeria. Febrer 2009

Resum

El projecte que es desenvolupa a continuació tracta d'una nau industrial destinada a l'emmagatzematge de palets de guix, i es realitza el disseny i càlculs necessaris per a la seva construcció.

La parcel·la on es construeix la nau està dins del recinte de l'empresa extractora que encarrega el projecte. La nau té una forma irregular, ja que s'adapta a les diferents edificacions existents al estar en un espai molt ben situat logísticament parlant.

La nau té una superfície útil de 740m², amb una fonamentació superficial de sabates aïllades i amb bigues de lligat per a fer l'estructura més estable. L'estructura serà íntegrament de prefabricats de formigó, per demanda de la propietat, amb llums d'uns 25m i amb una coberta de planxes grecades de panell "sandwich" a dos aigües i una pendent del 10%.

Tant la fonamentació com l'estructura de la nau, es projecten seguint el que dicta la normativa vigent, el Codi Tècnic de l'Edificació.

En aquest aspecte, la instal·lació elèctrica que es dimensiona serà la òptima per a que es pugui du a terme l'activitat per a la qual es construeix la nau i es projecta segons el Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió.

Es realitza un projecte de protecció contra incendis per garantir la seguretat vers els incendis que puguin produir-se dins la nau, tot seguint el Reglament de Seguretat Contra Incendis en els Establiments Industrials. També es fa un Estudi d'Impacte i Integració Paisatgística per tal de reduir al màxim l'impacte produït per la construcció de la nau.

Paraules clau - Nau, Estructura, Fonamentació, Formigó, Prefabricat, Electricitat, Incendi, Sabata, Reglament, Coberta.

1. Introducció

L'empresa del sector extractor Cales de Pacs S.A., ha incrementat el seu volum de producció de manera que les instal·lacions actuals han quedat petites, és per això que en un espai dins del recinte l'empresa mateix, és on es vol ubicar l'ampliació de la nau existent amb una nova nau amb estructura de formigó prefabricat.

El projecte que es presenta vol solucionar aquesta necessitat, tot i que s'han de tenir en compte tres factors molt importants; un és que s'ha d'adaptar la nau a les característiques del terreny com a conseqüència de l'existència d'un mur de formigó de 50cm que suposa que aquesta no pot tenir una forma rectangular.

Un altre requisit a tenir en compte a l'hora de dissenyar la nau és la continua circulació de vehicles dins el recinte, l'existència d'una sitja situada al fons de la nau a construir, fa que els camions passin per l'interior de la nau per abastar-se de material.

Com a conseqüència d'aquest fet, la nau s'ha de dissenyar sense pilars en el seu interior per què la circulació de camions sigui fluïda i sense entrebancs.

Al mateix projecte vol que es realitzin les instal·lacions d'electricitat, el pla de gestió de residus, la instal·lació d'energia solar fotovoltaica, la instal·lació de prevenció contra incendis, un estudi d'integració i impacte paisatgístic a més del pla de seguretat i salut.

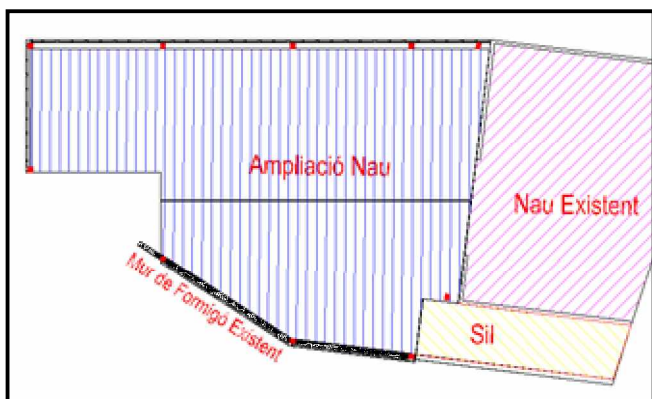


Figura 1. Vista de l'ampliació.

2. Emplaçament i normativa urbanística.

La nau industrial que es projectarà per a l'empresa Cales de Pacs S.A. es situa a la Muntanya de St. Jaume s/n que pertany al Terme Municipal de Pacs del Penedès, a la província de Barcelona.



Fig 2. Situació de la propietat.

L'emplaçament on quedarà ubicada la nau industrial es troba en una zona classificada com a Zona Industrial Subzona Pedrera, segons les normes del Pla d'Ordenació urbana de Pacs del Penedès. Els paràmetres reguladors de l'edificació seran:

Ordenació de l'edificació:	Clau 4*
Superfície:	740,48m ²
Índex Edificabilitat:	1m ² sostre/ m ² sòl.
Volum màxim:	4m ³ /m ²
Parcel·la mínima:	200m ²
Façana mínima:	9m
Alçada Reguladora Màxima:	10m (PB+2PP)
Distància mínima a vial:	10m
Ocupació màxima:	90%

Taula 1. Paràmetres reguladors de l'edificació

3. Moviment de terres.

En l'execució del moviment de terres no serà necessari la neteja i esbrossada del terreny, així com tampoc l'anivellació del mateix, ja que aquest ja disposa d'un paviment.

L'excavació amb mitjans mecànics de les sabates i bigues de lligat es procedirà un cop realitzats els replanteigs sobre el terreny.

4. Fonamentació.

Seguint el que marca el CTE DB SE-C, es determina que la fonamentació és de tipus superficial. Això és degut a que el terreny on s'edifica és estable i per tant, es recomana aquest tipus de fonamentació per l'estabilitat que ofereix.

La fonamentació està formada per sabates aïllades rígides de formigó amb armadura d'acer, i la unió entre les sabates es farà per mitjà de bigues de lligat, les quals també seran de formigó amb armadura d'acer. Tots aquests elements dotaran de molta estabilitat a l'estructura.

El formigó que s'utilitzarà per als fonaments, segons la NTE EH, serà el HA-25, amb les característiques que es mostren a continuació:

- Resistència característica (f_{ck}): 25 N/mm².
- Resistència de càlcul (f_{cd}): 16,67 N/mm².

Les armadures de la fonamentació seran barres corrugades d'acer B 500 S, amb les següents característiques:

- Tensió de límit elàstic (f_s): 500 N/mm².
- Resistència a la tracció (f_y): 550 N/mm².
- Coeficient de ponderació (γ_c): 1,5.
- Densitat (ρ): 7.850 kg/m³.

La distribució de la fonamentació és la següent:

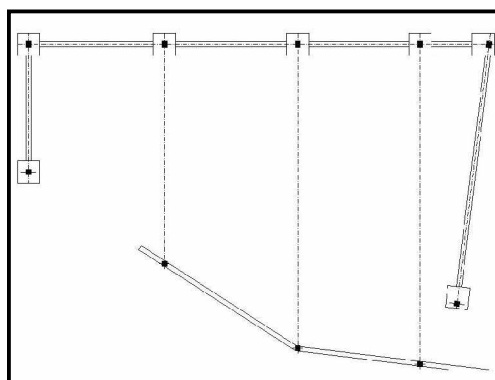


Fig 2. Distribució de la fonamentació.

Les sabates tenen unes dimensions de 180 x 180cm de costat per una profunditat de 120cm més 10cm on es vessarà una capa de formigó de neteja amb $12,5\text{N/mm}^2$ de resistència.

Com es pot observar, hi ha tres pilars els quals no tenen sabata, això és per que en el terreny existeix un mur de formigó de 50cm de costat i ben fonamentat que ens permet utilitzar-lo com a ancoratge dels pilars, evitant així un cost econòmic innecessari.

Les sabates van unides entre si mitjançant bigues de lligat de dimensions 40 x 50cm i del mateix formigó de les sabates, es col·loquen per evitar el lliscament de les mateixes.

5. Estructura.

L'estructura de la nau és de formigó prefabricat i està constituïda per 10 pilars del mateix material, cinc de dimensions 40x40cm i cinc més de 40x50cm. La coberta està aguantada per quatre jàsseres de formigó prefabricat HA-45 i acer de l'armadura B500s amb una resistència al foc RF-90.

Les aigües pluvials procedents de la coberta són recollides per una canal de riostra de tipus H que a més, fa la funció d'arriostament de l'estructura i fixació dels panells de tancament.

Per les necessitats d'aquesta obra s'utilitzaran corretges tipus I-30 que tenen un pes de 0,86 kN/ml i un moment flector de 43,50 kN x m. Els seus materials constructius son formigó HA-45 ($F_{ck}=45\text{N/mm}^2$) i el seu comportament al foc és RF-60.

Segons taules del fabricant es distribueixen les corretges de manera que per a una llum de 25m si instal·lin 9 corretges per costat, per tant les separem 1,5m entre sí.

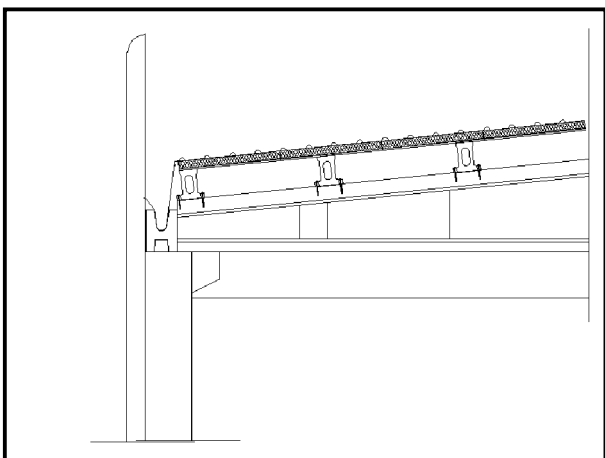


Fig 3. Detall d'unió entre estructura, tancaments i coberta.

així un sistema estable en front a les accions gravitatòries i horitzontals.

6. Tancaments.

Els tancaments de la nau es projecten amb panells de prefabricat de formigó alleugerit de 20cm d'espessor i amb aïllament interior.

Els panells s'encasten entre si, mitjançant uns sistemes d'encadellat del que disposen a la seva part superior e inferior. Una vegada ja col·locats es segellen les unions tant entre panells com entre aquests i els pilars.

Es disposaran de panells especials a les zones de portes i finestres realitzant-se l'allotjament de les mateixes. Els seus materials constructius son formigó HA-25 ($F_{ck} = 25\text{N/mm}^2$), acer armadura activa B 500 S, la seva estabilitat i aïllament tèrmic al foc és RF-120.

El tancament de la coberta consisteix en panells de tipus "sandwich", formats per greques d'acer galvanitzat amb un aïllament interior. La fixació a les corretges es realitzarà mitjançant cargols especials autorroscants.

7. Instal·lació de Baixa Tensió.

La instal·lació elèctrica que es dimensiona, és la òptima per a que es pugui du a terme l'activitat per a la qual ha estat construïda la nau, redactant-se d'acord amb el Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió.

Segons l'apartat 3.1 de la instrucció ITC BT-04, aquesta instal·lació està classificada en el grup "a" com a 'Indústria en general amb potència màxima superior a 20 kW'.

La instal·lació consta de les següents parts:

- Armari exterior: armari ventilat amb accés des de la via pública, amb espai necessari per allotjar la Caixa General de Protecció, quadre de comptatge i conjunt de protecció i mesura.
- Caixa General de Protecció (CGP): al seu interior s'instal·len els fusibles amb poder de tall.
- Derivació individual: compren el tram que s'inicia en l'embarrat general i inclou el conjunt de mesura, els dispositius de comandament i protecció i els fusibles de seguretat. Serà un multiconductor de coure, aïllant XLPE, amb designació RZ1-K i tensió assignada de 0,6/1kV.
- Conjunt de mesura: s'instal·la un comptador, el qual es selecciona en funció de la potència màxima admissible de la derivació individual i disposarà d'un fusible.

El conjunt de l'estructura de la nau industrial formarà

- Quadre general de distribució: incorpora l'Interruptor de Control de Potència (ICP), l'Interruptor General d'Alimentació (IGA), i els diferents Interruptors Diferencials Automàtics.
- Posada a terra: s'instal·larà un cable de coure nu, el qual formarà un anell on s'hauran de connectar els elèctrodes inserits en el terreny, en posició vertical.

8. Instal·lació Fotovoltaica.

L'objectiu de la instal·lació és bàsicament la de subministrar energia elèctrica per als usos generals de la nau. En aquest cas s'ha volgut introduir un tipus d'obtenció d'energia solar utilitzant una tecnologia poc coneguda. És la tecnologia solar fotovoltaica CIGS (Copper Indium Gallium diSelenide) que no és res més que una imprimació amb tinta sobre absorbidors orgànics de pel·lícula fina.

La tecnologia CIGS crea més electricitat a partir de la mateixa quantitat de llum que altres dispositius fotovoltaics, per tant aconseguint una més eficient conversió energètica.

Tradicionalment el Silici Cristal·lí és el material més comú en aplicacions comercials, i és perquè fa més de 50 anys que s'utilitza i tota la tecnologia necessària per produir-lo està molt estudiada. A més el material emprat, el silici, és molt abundant (és el segon element més abundant de l'escorça terrestre) només superat per l'oxigen. Les dues formes bàsiques del silici cristal·lí en les cèl·lules fotovoltaïques són:

- El cristal·lí simple, el qual és més eficient però a la vegada més car de produir.
- El policristal·lí que és menys eficient alhora de crear electricitat però també és més econòmic.

Com els xips d'ordinador, els dispositius fotovoltaics estan fets de semiconductors, això ha permès desenvolupar les tecnologies emprades per a ordinadors en els dispositius fotovoltaics. En comptes de tractar amb lingots de silici cristal·lí, un material fotovoltaic es pot crear seqüencialment dipositant capes fines de diferents materials en una estructura prima. El resultat són dispositius de pel·lícula fina que requereixen de poc material semiconductor i tenen l'avantatge afegida de ser fàcils de produir.



Fig 4. Cèl·lules solars flexibles CIGS.

La instal·lació consta de les següents parts:

- Quadre de protecció. Es disposa d'un quadre on es troben les alarmes i les proteccions en cas de mal funcionament de la instal·lació.
- Comptadors. Ens determinen l'energia produïda i el consum de la instal·lació.
- Inversor. És l'encarregat de transformar la corrent continua a corrent alterna.
- Generador. És un pannel fotovoltaic encarregat de produir l'energia elèctrica.

Hi ha un total de 168 panells solars de 120W de potència, orientats de cara al sud, distribuïts en catorze branques de dotze panells cadascuna i separades entre si una distància de tres metres per que no afectin les ombres incidents. A més s'ha realitzat un estudi econòmic on s'ha obtingut com a resultat una amortització de la instal·lació en uns deu anys.

9. Pla de prevenció contra incendis.

També s'ha realitzat el pla de prevenció contra incendis que té com a finalitat garantir la seguretat necessària vers els incendis que es puguin produir en el recinte de la nau, seguint el que marca el Reglament de Seguretat Contra Incendis en els Establiments Industrials.

Segons aquest reglament, es tracta d'una activitat industrial amb més de 250m² però inferior a 1000m², la configuració i ubicació de la nau és de tipus C i el nivell de risc intrínsec és baix.

Components de la instal·lació:

- Sistema de comunicació d'alarma: es col·loca una sirena electrònica per tal d'avisar a tots els treballadors de la nau en cas d'incendi.

- Extintors d'incendi: s'instal·laran quatre extintors de 6kg cadascun per tal de que no es recorrin més de 15m en cap cas.
- Sistema manual d'alarma: s'instal·laran polsadors d'alarma en cada sortida, protegit per evitar falses alarmes i no es recorreran més de 25m per arribar a un polsador.
- Senyalització: es senyalitzaran les sortides d'ús habitual o d'emergència, així com els medis de protecció contra incendis d'utilització manual.

10. Pla de Gestió de Residus.

S'ha dissenyat un pla per a la correcta gestió dels residus durant la construcció de la nau. S'ha estimat el volum de residus produïts durant la construcció que no és gaire elevat degut a que no hi ha demolicions en aquest projecte. Es reutilitzaran els residus procedents de la excavació de terres per a l'augment del talús previst en el estudi d'impacte i integració paisatgística. La resta de residus es separaran convenientment abans de dipositar-los en els contenidors per al seu posterior trasllat a la deixalleria.

11. Estudi d'Impacte i Integració Paisatgística.

S'ha cregut convenient la realització d'un Estudi d'Impacte i Integració Paisatgística com a conseqüència de l'emplaçament de la nau, ja que aquesta està situada en un emplaçament rural i al costat d'una carretera bastant transitada.

Com a conclusió del estudi es pot dir que el principal impacte d'aquest projecte és el visual, cosa que s'intenta reduir o minimitzar adoptant les mesures correctores següents. L'augment del talús (mitjançant les terres procedents de l'excavació de les sabates) ubicat entre la nau i la carretera dificultarà la visió de la nau per a la majoria de persones que fins ara passen per la aquesta, cosa que fa que la nau quedi més integrada en el paisatge i amb l'ajardinament de plantes autòctones del nostre entorn i habituades al nostre clima, apart d'una qüestió estètica es preveu una integració i harmonització senzilla però alhora efectiva de la nau en l'entorn natural que l'envolta.

12. Altres aspectes del projecte.

S'ha realitzat un **Estudi de Seguretat i Salut** exhaustiu seguint el RD1627/1997 mitjançant el programa ESS+, que inclou les mesures preventives per garantir la seguretat dels treballadors en tot moment.

A més en la memòria del projecte es pot consultar el **Pressupost** així com també 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 suposa un cost de **241.313,09 €**

13. Conclusió.

És un projecte que té condicionants de diferents àmbits; de preexistències (mur de formigó armat per a contenció de terres i sitja d'estocatge de material), la circulació de vehicles tant dins la parcel·la com en l'interior de la nau i l'intrínsec al projecte, la nau lliure de pilars.

Aquests condicionants m'han permès endinsar-me en el món de la enginyeria de manera que s'ha pogut dissenyar una nau complint tots els requisits, ja siguin tècnics o administratius.

El disseny de l'estructura s'ha vist limitat a una estructura de formigó sense fer cap estudi de viabilitat d'altres tipus d'estructura ja que per demanda de la propietat i com a conseqüència d'anteriors obres realitzades amb una empresa de prefabricats de formigó han cregut convenient realitzar-la amb aquest tipus de material.

Una estructura on s'ha fet especial atenció en la utilització d'energies renovables, per a la producció d'electricitat, aprofitant d'aquesta manera les superfícies lliures de la coberta.

En la instal·lació solar, s'ha treballat amb la tecnologia CIGS (Copper Indium Gallium diSelenide), bastant nova i poc coneguda. L'avantatge d'haver escollit aquest tipus de tecnologia (emprada en els generadors fotovoltaics), no és cap altra que la de poder aprofitar millor els raigs solars en dies grisos o ennuvolats sense que això suposi un increment del

cost de la instal·lació. Com a conseqüència es pot dir que la instal·lació solar s'ha optimitzat en la mesura del que és possible a més de fer-se l'estudi econòmic el qual ens resulta que en aproximadament deu anys, la instal·lació estarà amortitzada cosa que encara la fa més atractiva.

També s'ha confeccionat un estudi d'impacte i integració paisatgística el qual ha permès reduir l'impacte visual produït per la nau d'una manera molt senzilla, eficient i amb un cost econòmic mínim.

Per tant, s'en pot extreure que en la realització de qualsevol projecte, sempre apareixen problemes o fets imprevistos, que mai hi ha una única solució per als mateixos, i que la recerca d'informació és un dels factors més importants alhora de desenvolupar un projecte d'aquestes característiques. La idea principal de realitzar una nau amb els requeriments necessaris demanats per la propietat per a poder ampliar el seu magatzem s'ha establert amb detall de manera que podran treballar amb totes les prestacions necessàries.

Referències.

- [1] *CypeCad, manual del usuario*; Versió 2007.1.d.; Cype ingenieros.
- [2] José Calavera Ruiz. *Cálculo de estructuras de cimentación*, Instituto Técnico de Materiales y Construcciones, 1991.
- [3] *Codi Tècnic de l'Edificació*, Actualitzat a febrer de 2008. Text modificat per RD 1371/2007, de 19 de octubre (BOE 23/10/2007) i correcció d'errors (BOE 25/01/2008).
<http://www.codigotecnico.org/index?id=29>
- [4] *Reglament de Seguretat Contra Incendis en els Establiments Industrials*, Real Decret 2267/2004 del 17 de desembre, del Ministri d'Indústria, Turisme i Comerç.
<http://www.rockwool.es/sw66086.asp>
- [5] Catàlegs i productes de PREFABRICATS PUJOL, SA
www.pujolweb.org/
- [6] Catàlegs i productes de TRUMES SA
<http://www.trumes.es/>
- [7] Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió, Real Decret 842/2002 del 2 d'Agost, del Ministeri de Ciència i Tecnologia.
http://www.enerxia.net/REBT/1REBT_1.html
- [8] Catàleg de conductors. PRYSMIAN.
http://www.es.prysmian.com/es_ES/cs/index.html
- [9] Bse de dades BEDEC. Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya.
<http://www.itec.cat/noubedec.c/bedec.aspx>
- [10] Catàlegs i productes de Global Solar Energy, Inc.
<http://www.globalsolar.com/index.php>
- [11] Enciclopèdia lliure Wikipèdia.
es.wikipedia.org/
- [12] Paquet informàtic CYPE Ingenieros, SA
<http://cypecad.cype.es/>
- [13] Catàlegs i productes POWER FILM.
<http://www.powerfilmsolar.com/>