



EPS

Escola Politècnica
Superior

Projecte/Treball Fi de Carrera

Estudi: Enginyeria Tècn. Ind. Electrònica Ind. Pla 2002

Títol: ELECTRIFICACIÓ I ENLLUMENAT DEL POLÍGON INDUSTRIAL DE PALAFRUGELL

Document: 1. MEMÓRIA

Alumne: Alejandro Gómez García

Director/Tutor: Sergio Herraiz Jaramillo

Departament: Electrònica, Informàtica i Automàtica

Àrea: ESA-EE

Convocatòria (mes/any): febrer/2007

ÍNDEX:

1	Introducció	7
1.1	Antecedents.....	7
1.2	Objecte	8
1.3	Especificacions i abast	8
2	Emplaçament.....	8
3	Generalitats	8
4	Descripció general del projecte.....	9
5	Línia d'alta tensió.....	11
5.1	Categoria de la línia.....	11
5.2	Generalitats de la línia AT.....	12
5.3	Conductors. Solucions possibles i elecció	13
5.4	Suports. Possibilitats i opció escollida.....	16
5.4.1	Característiques dels suports.....	17
5.4.2	Cimentació dels suports.....	18
5.5	Posta a terra de la línia AT	18
5.5.1	Generalitats sobre la posta a terra de la línia AT	19
5.6	Aïlladors. Possibles solucions i solució aportada	21
5.6.1	Generalitats sobre els aïlladors.....	22
6	Línia de baixa tensió.....	23
6.1	Descripció de les línies BT.....	25
6.2	Generalitats de les línies de baixa tensió.....	25
6.3	Solucions possibles i conductor escollit	26
6.4	Repartiment de càrregues	29
6.5	Posta a terra de les línies BT	29
6.5.1	Generalitats sobre la posta a terra de les línies BT	30
6.5.2	Posta a terra del neutre	30
6.6	Armaris de derivació de les parcel·les.....	31
6.7	Rases	31
6.7.1	Rases de creuament de voreres	32
7	Centres de transformació.....	33
7.1	Característiques dels centres de transformació	33
7.2	Emplaçament.....	35
7.3	Aparellatge dels centres de transformació	36
7.3.1	Cel·les	36
7.3.1.1	Generalitats de les cel·les.....	36

7.3.1.2	Tipus de cel·les. Cel·les de línia.....	37
7.3.1.3	Cel·les d'interruptor automàtic	37
7.3.1.4	Cel·les de protecció per fusibles	37
7.3.1.5	Cel·les de mesura.....	37
7.3.1.6	Connexions entre cel·les.....	38
7.4	Transformadors AT/BT	38
7.4.1	Generalitats dels transformadors.....	38
7.5	Quadres de baixa tensió.....	39
7.6	Ponts de baixa tensió	40
7.7	Posta a terra dels centres de transformació.....	40
7.7.1	Posta a terra de protecció.....	41
7.7.2	Posta a terra de servei.....	41
7.7.3	Generalitats sobre la posta a terra dels centres de transformació.....	41
7.8	Il·luminació en els centres de transformació	42
7.8.1	Il·luminació exterior.....	42
7.8.2	Il·luminació interior.....	42
7.8.3	Llum d'emergència dels centres de transformació	43
7.9	Ventilació dels centres de transformació.....	43
7.10	Ventilació del/s transformadors	43
7.11	Portes dels centres de transformació	44
7.12	Cimentacions	44
7.13	Proteccions	44
7.13.1	Proteccions contra incendis	44
7.13.2	Proteccions del personal.....	45
8	Enllumenat viari	47
8.1	Normativa aplicada.....	47
8.2	Generalitats sobre l'enllumenat.....	47
8.3	Obra civil	47
8.3.1	Cimentacions.....	47
8.3.2	Rases	48
8.3.2.1	Rases d'encreuament de calçades	48
8.4	Disposició dels punts de llum. Possibilitats i solució adoptada.....	48
8.4.1	Forma unilateral.....	49
8.4.2	Forma bilateral o en oposició	49
8.4.3	Forma central	50
8.4.4	En zig-zag.....	50
8.4.5	Il·luminació en encreuaments	51

8.5	Càlculs i dimensionament.....	53
8.6	Altura de les columnes	53
8.7	Posta a terra de l'enllumenat	54
8.7.1	Generalitats sobre la posta a terra de l'enllumenat	55
8.8	Lluminàries	56
8.8.1	Característiques de les lluminàries	57
8.8.2	Tipus de llum	57
8.8.3	Escomesa.....	57
8.8.4	Centres de maneig i control	58
8.8.4.1	Generalitats dels centres de maneig i control.....	59
8.8.5	Proteccions.....	59
8.8.6	Columnes	60
8.8.6.1	Generalitats sobre les columnes	60
8.8.7	Instal·lació de l'enllumenat.....	61
8.8.7.1	Generalitats sobre l'alimentació de la il·luminació	61
9	Distàncies de seguretat	62
9.1	Normativa revisada.....	62
9.2	Generalitats sobre les distàncies de seguretat.....	62
9.3	Distàncies dels conductors a terra	62
9.4	Distàncies entre conductors.....	63
9.5	Distàncies entre els conductors i els recolzaments	63
10	Resum del pressupost	64
11	Conclusions	65
12	Relació de documents	66
13	Bibliografia.....	67
14	Glossari	68
ANNEX A.	CÀLCULS.....	69
A.1	Càlculs generals	69
A.1.2	Previsió de potència total.....	69
A.1.2.1	Potència total de les parcel·les.....	69
A.1.2.2	Potència total de l'enllumenat	70
A.1.2.3	Potència prevista pels serveis bàsics	70
A.1.2.4	Potència prevista per possibles ampliacions	70
A.2	Línia AT	71
A.2.1	Prescripcions sobre la línia AT	71
A.2.2	Càlcul de secció de la línia AT	71
A.2.2.1	Càlcul de caiguda de tensió màxima.....	71

A.2.2.2 Càlcul d'intensitat màxima.....	73
A.2.3 Resistència de línia	75
A.2.4 Reactància de la línia	76
A.2.5 Coeficient d'autoinducció.....	76
A.2.6 Tensions.....	78
A.2.6.1 Caiguda de tensió.....	78
A.2.7 Intensitats	80
A.2.7.1 Intensitat nominal	80
A.2.7.2 Intensitat de curtcircuit	80
A.2.8 Densitat de corrent	81
A.2.9 Potències.....	81
A.2.9.1 Potència nominal	81
A.2.9.2 Potència aparent.....	82
A.2.9.3 Potència de curtcircuit.....	82
A.2.10 Perdues per efecte joule.....	82
A.2.11 Rendiment de la línia	83
A.2.12 Suports. Càlculs	84
A.2.12.1 Càrregues permanents	84
A.2.12.2 Càrrega inicial del conductor	86
A.2.12.3 Esforç del vent en direcció perpendicular a la línia.....	86
A.2.13 Distàncies de seguretat	88
A.2.13.1 Altura dels conductors.....	88
A.2.13.2 Distàncies entre conductors	89
A.2.13.3 Distàncies entre conductors i suports.....	91
A.2.13.4 Tensió màxima de treball	91
A.2.13.5 Càlcul de la tensió a l'estesa.....	92
A.2.13.6 Càlcul de la fletxa dels conductors:.....	94
A.3 Aïlladors.....	96
A.3.1 Nivells d'aïllament.....	96
A.3.2 Càlcul elèctric	97
A.3.3 Càlcul mecànic	97
A.3.3.1 Cadenes de suspensió.....	98
A.3.3.2 Cadena de subjecció.....	98
A.3.4 Conclusions del càlcul dels aïlladors	99
A.4 Línia BT	100
A.4.1 Xarxa de línies.....	100
A.4.2 Tensions.....	100

A.4.3 Potència total de transport.....	100
A.4.3.1 Potència total per línies.....	101
A.4.4 Intensitats nominals de cada línia de baixa tensió	101
A.4.5 Intensitats nominals per línies.....	102
A.4.6 Seccions dels conductors.....	102
A.4.6.1 Secció dels neutres.....	104
A.5 Centres de transformació.....	106
A.5.1 Càlcul del número de centres de transformació	106
A.5.2 Generalitats dels centres de transformació.....	107
A.5.3 Posta a terra dels centres de transformació.....	107
A.5.4 Transformadors	109
A.5.4.1 Generalitats sobre els transformadors.....	109
A.5.4.2 Intensitat d'alta tensió o de primari.....	109
A.5.4.3 Intensitat de baixa tensió o de secundari	110
A.5.4.4 Intensitat de curtcircuit de primari.....	110
A.5.4.5 Intensitat de curtcircuit de secundari	111
A.6 Enllumenat.....	112
A.6.1 Tipus de llum i potència escollida	112
A.6.2 Generalitats sobre les bombetes escollides.....	113
A.6.3 Càlculs luminotècnics	113
A.6.3.1 Disposició dels punts de llum	113
A.6.3.2 Distàncies entre els punts de llum.....	114
A.6.4 Càlculs elèctrics.....	119
A.6.4.1 Potència total d'enllumenat	119
A.6.4.2 Intensitats nominals	119
A.6.4.3 Secció dels conductors	120
A.6.4.4 Posta a terra	122
A.6.5 Elements de protecció	124
ANNEX B. Estudi de tarificació elèctrica	125
B.1 Introducció	125
B.2 Objecte	125
B.3 Exemples proposats	125
B.3.1 Situació i emplaçament.....	126
B.3.2 Tarifes i taxes	126
B.3.3 Modes de facturació	130
B.3.4 Tipus de discriminació horària	130
B.3.4.1 Tipus 2.....	131

B.3.4.2 Tipus 3	131
B.3.5 Períodes horaris	131
B.3.6 Bonificacions i penalitzacions per l'energia reactiva	132
B.3.7 Generalitats de les empreses dels exemples.....	133
B.4 Càlculs de facturacions amb els contractes de l'actualitat.....	134
B.5 Càlculs de facturacions amb condicions millorades	138
B.6 Valoracions de l'estudi	144

1 Introducció

1.1 Antecedents

L'Ajuntament de Palafrugell a mitjans dels setanta va decidir ubicar com a zona industrial, a una antiga zona boscosa situada al nord-oest del poble, donat que en aquell moment no es disposava de polígon industrial i les necessitats d'expansió del poble així ho requerien.

Llavors aquella zona boscosa, ha anat convertint-se amb els anys en zona edificable i poc a poc s'ha arribat al que tenim a l'actualitat.

Tot i que encara hi han varies parcel·les sense edificar, tota la zona industrial està correctament delimitada i condicionada per edificar aquelles parcel·les que es necessitin.

El creixement del poble i les necessitats actuals han obligat a l'ajuntament de Palafrugell a re-dissenyar la zona industrial.

La zona industrial comprèn uns 40.049 m² dividides en unes 65 parcel·les.

L'ajuntament de Palafrugell com a previsió d'acabar d'edificar totes les parcel·les existents al polígon, vol estudiar tant les instal·lacions actuals com les necessàries per finalitzar el polígon.

Té previst dotar els terrenys actuals de les seves corresponents línies d'alta i baixa tensió i dels centres de transformació i distribució necessaris.

Per tant, en aquest projecte es començarà de zero, oblidant el que ja està edificat i realitzant l'estudi i disseny de les instal·lacions de tot el polígon.

El corrent d'alta tensió vindrà proporcionat per la companyia FECSA-ENDESA i aquest provindrà de la línia aèria de les Gavarres.

Aquest projecte es redactarà amb la finalitat d'obtenir els corresponents permisos d'electrificació i les autoritzacions necessàries.

1.2 Objecte

L'objecte del present projecte és el d'estudiar, dissenyar i justificar el polígon industrial de Palafrugell dotat d'una línia d'alta tensió de 25 kV, 65 parcel·les i una superfície total de 40.049 m² destinats a ús industrial.

1.3 Especificacions i abast

Es planificarà, electrificarà, il·luminarà i descriuran totes les instal·lacions d'acord amb les normatives urbanístiques de tipus industrial.

Es faran els corresponents càlculs de línies, seccions, tipus de conductors, posta a terra, línia d'alta tensió i baixa tensió, centres de transformació i distribució, aparellatge necessari, aïlladors, distàncies de seguretat, potències i enllumenat públic de tot el polígon.

L'abast d'aquest projecte es el de distribuir les línies de baixa tensió des de les línies d'alta tensió fins arribar a cada parcel·la i a la corresponent caixa general de protecció, i realitzar un assessorament tècnic a empreses en tarificació elèctrica.

2 Emplaçament

El polígon Industrial estudiat en aquest projecte està ubicat a la zona nord-oest de Palafrugell, limitat a la part nord de zona boscosa, a la part oest per la carretera C-31 i a la part sud pel c/ del Vapor.

3 Generalitats

Superfície total del polígon: 40.049 m².

Superfície total edificable: 38.155 m²

Número total del parcel·les: 65

Voltatge de línia: 25kV

Longitud línia AT: 40Km.

Longitud línia BTA: 4,5 Km.

Longitud línia BTB: 2 Km.

Longitud línia BTC: 2 Km.

Longitud línia BTD: 1 Km.

Longitud línia BTE: 1 Km.

Tensió nominal de línia: 400V.

Tensió nominal entre fases: 230V.

Freqüència: 50Hz.

Potència total de transport: 1013KVA

Nº de transformadors: 3

Potència del/s transformador/s: 400KVA

Potència destinada a l'enllumenat: 24750W

4 Descripció general del projecte

Aquest projecte tractarà de cobrir totes les seves instal·lacions començant per l'arribada del corrent elèctric a través de la línia d'alta tensió, fins arribar al destí final que seran les instal·lacions o mes exactament, fins a la caixa general de protecció de totes les parcel·les.

Entre l'inici i el final de les instal·lacions, també s'especificaran tots els detalls, càlculs i disseny d'altres elements com per exemple la línia de baixa tensió, els centres de transformació, l'enllumenat urbà, les distàncies de seguretat entre conductors, posta a terra...etc.

A més a més dels temes descrits a l'anterior paràgraf, també es realitzarà un estudi sobre tarificacions a diferents indústries, basant-me en els seus tipus de tarifes, la compensació necessària d'energia i la quantitat d'hores de producció.

Per a la realització d'aquest estudi posaré dos exemples reals de dues indústries que realitzen la seva activitat al polígon industrial de Palafrugell.

Aquests exemples són:

ARMACELL IBERIA S.A.

Indústria que es dedica a la fabricació d'aïllants tèrmics, acústics i escumes tèrmiques. Té una producció constant de 24h i realitza la compensació d'energia reactiva.

CORK 2000

Indústria que es dedica a la fabricació i exportació de productes derivats del suro, amb una producció diària de 10 hores i no compensa l'energia reactiva.

A la memòria es descriuran totes les especificacions del projecte i es detallaran amb especial atenció tots els càlculs detallats de cada una de les parts que consta el projecte.

Amb la relació de plànols, obtindrem una ajuda a l'hora d'ubicar el polígon, delimitar les parcel·les, descriure les línies i centres de tractament del corrent, ubicar cada element dins de la regió i en general, acabar de fer entendre tots els passos seguits per la realització del present projecte.

Al plec de condicions quedaran detallades totes les condicions econòmiques, administratives, tècniques i facultatives de les obres i muntatges realitzats en el present projecte.

Aquestes condicions aporten al projecte una garantia i viabilitat del que es pretén realitzar i legalitzen les accions proposades.

Queda detallat tota la relació de material necessari amb les seves respectives quantitats i preus en el estat d'amidaments i el pressupost.

En aquest apartat queden detallades les marques, tipus i model de aparellatge necessari, així com també el temps emprat en la realització de cada tasca, ja sigui de disseny, muntatge, instal·lació i obra realitzada en la finalitat del present projecte.

5 Línia d'alta tensió

L'alta tensió que ens arribarà al nostre polígon, vindrà de forma aèria des del centre de transformació superior de Juià(Girona) fins a la localitat pròxima de Vall-Llobrega passant per tota la zona de les Gavarres.

Un cop la línia aèria arriba a Vall-Llobrega, passa a ser soterrada i anirà paral·lela a la carretera comarcal C-31 passant pel terme municipal de Mont-ras fins arribar a Palafrugell.

Aquest darrer tram, d'uns 15Km ha de ser necessàriament soterrat degut a la Llei elèctrica del 27/11/1997 article 5.7, la qual restringeix el pas de línies d'alta tensió aèries per zones edificades(escoles, patis, jardins), camps productius, canals d'aigua, carreteres...etc.

La línia d'alta tensió de la zona de les gavarres és aèria donat que soterrar una línia de 25Km de distància encariria molt el pressupost i allargaria el període d'obres.

Un altre avantatge que té la línia aèria és que podem distribuir les fases amb la seva correcta distància de seguretat i sense la necessitat d'aplicar aïllaments excessius.

5.1 Categoria de la línia

Segons la tensió de transport de la línia d'alta tensió i la tensió mes elevada, classificarem la línia en una categoria o en una altre:

Categoría de la línea	Tensión nominal KV	Tensión más elevada KV
3ª	3 6 10 15 20	3,6 7,2 12 17,5 24
2ª	30 45 66	36 52 72,5
1ª	132 220 380	145 245 420

Taula 1. Categoría de la línea

La tensió de la línia es de 25kV. Aquest valor ja no és estàndard i per això la taula no ho contempla.

Com ja explica al reglament electrotècnic d'alta tensió, la 2ª categoria és per valors superiors a 30kV de tensió. Per tant, classificarem la línia a la 3ª categoria.

5.2 Generalitats de la línia AT

Les dades d'aquest apartat que no són deduïbles, han estat calculats a l'annex de càlculs de la present memòria.

Longitud total de la línia: 40Km

Secció de la línia: 240mm²

Tipus de conductor: LA – 455 Al-Ac(alumini-acer)

Número de conductors transportats: 6

Altitud mínima: 16m.

Tensió de transport:25kV

Potència nominal del circuit: 1013KVA

Potència màxima de curtcircuit trifàsic: 500MVA segons companyia subministradora

Intensitat màxima de defecte a terra: 500A segons companyia subministradora

Freqüència: 50 Hz.

Nº de suports: 84

Número d'aïlladors per suport: 3 (un per cada fase)

Companyia subministradora: FECSA-ENDESA

5.3 Conductors. Solucions possibles i elecció

Per transportar el corrent a distàncies i tensions elevades optarem per conductors d'alumini, o algun aliatge, ja que té molta més rigidesa mecànica, menys cost i major manejabilitat a l'hora de passar les línies. Aquest darrer avantatge, ens ajuda a l'hora de realitzar les operacions degut al pes reduït de l'alumini.

Existeixen quatre possibilitats en quant a tipus de conductors a utilitzar. Aquests són el coure, l'alumini i aliatges d'alumini-acer, acer-coure.

A continuació es descriuen uns quants avantatges i desavantatges de cada tipus de conductor amb la finalitat d'escollir el més idoni per cada part de l'instal·lació.

Conductors de coure:

Avantatges:

Valor baix de resistivitat

Necessitarem una secció inferior, donat aquest valor de resistivitat baix

Inconvenients:

Preu elevat

Pes elevat i difícil de treballar

Els conductors de coure flexible es trenquen molt fàcilment; per tant optarem per conductor de coure rígid en cas d'escollir el coure per alguna part de la nostra instal·lació.

Conductors d'alumini:

Avantatges:

Pes reduït i elevada manejabilitat

Baix cost

Inconvenients:

Necessitarem una secció superior, donat el seu valor de resistivitat elevat

Poca resistència física, es trenca amb facilitat al tensar els conductors

Conductors d'aliatge alumini-acer:

Avantatges:

Mes lleuger que el coure

Molta rigidesa elèctrica gràcies als conductors d'acer

Cos mes reduït que el del coure

Inconvenients:

Mes pesat que l'alumini

Valor de resistivitat mes elevat que el del coure

Conductors d'aliatge coure-acer:

Avantatges:

Major resistència mecànica que el coure

Major conductivitat que l'acer

Inconvenients:

Molt pesat

Poc manejable

Preu elevat com el coure

Veient els avantatges e inconvenients redactats, optarem per l'instal·lació d'una línia d'aleació alumini-acer donat que és el conductor mes idoni per realitzar una línia d'alta tensió.

Aquest tipus de conductor es el mes utilitzat per realitzar aquest tipus de línies degut al seu pes reduït, preu i qualitat enfront a l'alumini i el coure.

Aquest tipus de conductor és format per capes concèntriques de material, cablejades de forma alterna. Al interior del conductor, es troben els fils d'acer i a l'exterior del conductor, els fils d'alumini.

La secció dels conductors de la línia d'alta tensió es determina als càlculs realitzats a la present memòria.

Segons la taula del reglament electrotècnic d'alta tensió, exposem les característiques del conductor escollit:

Naturaleza	Peso específico - gr/cm ³	Diámetro - mm.	Carga de rotura - Kg/mm ² .	Módulo de elasticidad final - Kg/mm ² .
Cobre duro	8,89	1 a 7,5	45 a 37	12.000
Aluminio duro	2,70	1,25 a 5,50	20 a 16	6.750
Aleación de aluminio	2,70	1,40 a 4	30	6.500
Acero (alma de cables)	7,78	1,25 a 4,75	133	20.000
Naturaleza	Coefficiente de dilatación lineal - Por 1° C	Resistividad a 20° C - Ohm. mm ² /m	Coefficiente de variación de resistividad	
Cobre duro	17 × 10 ⁶	0,01739	0,00399	
Aluminio duro	23 × 10 ⁶	0,02826	0,00403	
Aleación de aluminio	23 × 10 ⁶	0,03250	0,00360	
Acero (alma de cables)	1,5 × 10 ⁶	-	-	

Taula 2. Característiques dels conductors

Característiques del cable utilitzat:

Nomenclatura. AL-AC

Secció: 240mm²

Tipus de conductor: LA – 455

Número de fils d'alumini: 25

Número de fils d'acer: 30

Diàmetre dels fils: de 1 a 4mm.

Càrrega mínima de ruptura dels fils: 30Kg/mm²

Resistència ohmica de cada fil a 20°C: 1,0155 Ω/Km.

Resistivitat de cada fil a 20°C: 0,03250 Ωmm²/m

Pes específic del conductor: 975Kg/Km

Coeficient de dilatació: 23×10^{-6}

Mòdul d'elasticitat: 65Kg/mm².

Diàmetre del cable: 21,8mm

5.4 Suports. Possibilitats i opció escollida

Com a suports a escollir al llarg de tot el recorregut de la línia d'alta tensió, tenim dues opcions principals:

Suports de formigó armat

Suports metàl·lics

A continuació es detallen els avantatges e inconvenients dels dos tipus:

Suports de formigó armat:

Avantatges:

Vida pràcticament il·limitada

Inconvenients:

Són molt pesats

Presenten molt poca resistència a la tracció o flexió

El seu transport es molt difícil degut al seu pes elevat

Suports metàl·lics:

Avantatges:

La seva resistència mecànica és molt elevada

Són fàcils de transportar

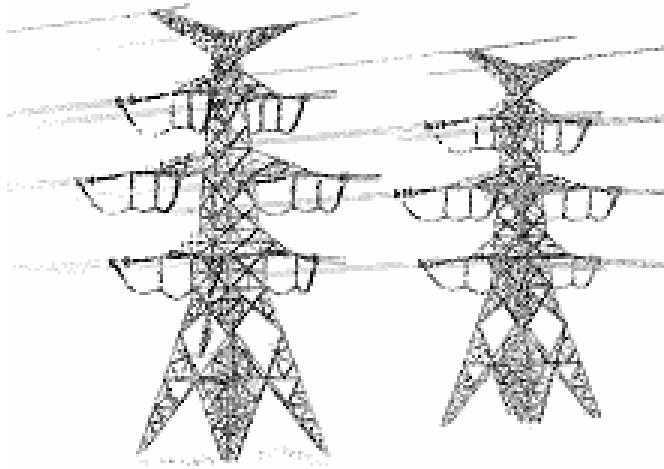
Presenten diverses varietats en quant a la seva construcció

Inconvenients:

No es presenten

Després d'anomenar les característiques de cada tipus de suport, ens decidim clarament pels suports metàl·lics.

La següent imatge mostra una de les diverses formes que pot tenir un suport d'alta tensió:



Imatge 1. Torretes de suport metàl·liques

Segons els càlculs realitzats a l'annex del present projecte, amb les distàncies i forces obtingudes, escollim uns tipus de suports mirant catàlegs de fabricant.

Suports de línia d'alta tensió:

Marca: UNESA

Tipus: C-12-2000

Esforç en punta màxim: 2000 Kg.

5.4.1 Característiques dels suports

Segons les especificacions de reglament d'alta tensió a l'article 12, es redacten les següents característiques:

Els suports metàl·lics hauran de tenir un espessor mínim de 4mm.

No s'utilitzaran cargols de diàmetre inferior a 12mm.

Els perfils dels suports hauran de ser tancats i estancs.

5.4.2 Cimentació dels suports

Com a fonaments pels suports, es faran unes cimentacions tal i com indica l'article 31 del reglament de línies d'alta tensió.

Aquestes cimentacions seran de formigó forjat d'elevada qualitat i amb forma de prisma i s'hauran d'adaptar a les especificacions donades pels fabricants dels suports.

5.5 Posta a terra de la línia AT

Per complir la norma que estableix l'article 12 del RAT, les torretes de subjecció de la línia d'alta tensió hauran d'anar connectades a terra.

Totes les torretes es protegiran de la mateixa manera a excepció de l'última que coincideix amb el pas de línia aèria a soterrada.

Per les torretes normals, s'instal·larà una protecció formada per una pica de 2m i 20mm. de diàmetre. Es clavarà a una distància de la torreta no superior a 0,5 m. i a una fondària de 5m.

Per l'última torreta, hem escollit una protecció més estricta donat que té més perill, formada per 2 piques de 2m i 20mm. de diàmetre més un anell de 2m. De diàmetre de fil conductor de coure de 50mm² de secció. Les piquetes es clavaràn a una fondària de 5m. Amb aquesta protecció es pretén aconseguir una resistivitat inferior als 20Ω.

El conductor de protecció estarà protegit per un tub metàl·lic i passarà per dintre de la cimentació de les torretes en la part baixa.

Per la connexió del fil conductor i els electrodes, s'utilitzaran borns d'acer galvanitzat.

Hem escollit aquest valor de secció tan elevat(50mm²) per evitar un escalfament molt excessiu al suportar el corrent màxim de descàrrega previst durant un temps doble al de l'accionament de les proteccions de línia.

Donada la naturalesa del terreny en qüestió no es preveu que s'hagi d'acondicionar el sòl per a la posta a terra; en tot cas, en el moment de l'instal·lació es realitzaran els càlculs i medicions del terreny per acondicionar segons les necessitats.

5.5.1 Generalitats sobre la posta a terra de la línia AT

Segons la taula del Reglament d'alta tensió expressada a l'apartat 5.3 del projecte, aquestes són algunes de les característiques del conductor utilitzat a l'última torreta:

Marca: General cable GGC CU-50

Secció: 50mm²

Tipus de conductor: coure

Tipus d'aïllament: conductor despullat

Diàmetre d'un fil: 1 a 7,5mm

Pes específic del conductor: 300Kg/Km

Càrrega de ruptura: de 45 a 37Kg/mm²

Densitat: 160 A/mm²

Diàmetre de l'anell: 2mt.

Número de piquetes:2

Longitud de les piquetes: 2mt

Diàmetre de les piquetes:20mm.

Marca i model: P2M GGC(general cable)

Segons la taula del Reglament d'alta tensió de l'apartat 1.4.3.1, aquestes són algunes de les característiques del conductor utilitzat a les torretes intermijes:

Marca: General cable GGC CU-50

Secció: 50mm²

Tipus de conductor: coure

Tipus d'aïllament: conductor despullat

Diàmetre d'un fil: 1 a 7,5mm

Pes específic del conductor: 300Kg/Km

Càrrega de ruptura: de 45 a 37Kg/mm²

Densitat: 160 A/mm²

Número de piquetes: 1

Longitud: 2mt.

Diàmetre: 20mm.

Marca i model:P2M GGC(general cable)

5.6 Aïlladors. Possibles solucions i solució aportada

Tenim tres possibilitats a l'hora d'escollir els aïlladors:

Aïlladors de porcellana

Vidre

Esteatita i resines

Avantatges e inconvenients:

Aïlladors de porcellana:

No atreuen a la pols, impureses ni humitat

Impermeables

Acceptable càrrega de ruptura

Molta varietat de mides, diàmetres i valors de treball

Desaconsellable per tensions molt elevades

Aïlladors de vidre:

Molta resistència mecànica

Molt estable als canvis de temperatura

Coefficient de dilatació elevat

Econòmics

Aconsellable per tensions elevades

Aïlladors d'esteatita i resines

Molta resistència mecànica

Propietats d'aïllament mols elevades

Preu elevat

Aconsellable per tensions elevades

Donats els avantatges e inconvenients optarem per aïllaments de vidre templat i dimensionats amb les seves característiques mes adequades per complir la seva funció. Aquest tipus d'aïlladors son econòmics i adaptables a les tensions de 25kV de les línies. Compliran les nostres necessitats a la perfecció.

Les seves parts metàl·liques estaran protegides contra la corrosió provocada per pluges i humitat.

He escollit uns aïlladors senzills de vidre de 630mm de longitud total. Aquesta longitud ens garanteix un perfecte aïllament per als conductors.

A l'apartat de plànols(número 10), es poden veure totes les mides referents a aquest aïllador.

5.6.1 Generalitats sobre els aïlladors

Pes: 2 Kg.

Diàmetre: 11mm.

Altura: 140 mm.

Material: vidre templat

Tensió de servei: 20 kV.

Càrrega de ruptura: 4000 Kg.

Esforç permanent: 1200 Kg.

6 Línia de baixa tensió

Un cop transformada la tensió, la transportem de forma soterrada fins a les corresponents parcel·les mitjançant les línies de baixa tensió. Aquestes línies de baixa tensió estan compostes de conductors i les caixes generals de protecció situades al final de la línia.

Es repartirà el corrent mitjançant 5 línies de baixa tensió diferents fins arribar de forma més o menys equitativa a totes les parcel·les del polígon. La secció serà igual al llarg de tot el seu recorregut i estaran protegides contra curtcircuits i sobrecàrregues.

No hi ha variacions de seccions al llarg del recorregut donat que les distàncies són relativament curtes i les pèrdues no són gaire elevades.

La tensió entre fases serà de 400V i entre fase i neutre de 230V.

Cada línia sortirà del seu corresponent transformador del centre de transformació i arribarà fins la parcel·la més llunyana derivant-se a totes les caixes de connexions de totes les parcel·les.

La distribució de les línies per cada centre de transformació serà la següent:

Centre de transformació 1:

Transformador 1

Línia BT.A

Centre de transformació 2:

Transformador 2

Línia BT.B

Línia BT.C

Centre de transformació 3:

Transformador 3

Línia BT.D

Línia BT.E

La següent taula mostra la relació entre cada una de les tres línies de baixa tensió y la longitud màxima de línia:

Centres de transformació	Línia de BT	Número de parcel·les que cobreix	Longitud màxima(Km)
CT1	BTA	16	4,5
CT2	BTB	17	2
	BTC	6	2
CT3	BTD	12	1
	BTE	14	1

Taula 3. Taula de relació entre les línies i la seva longitud màxima

Dels transformadors sortiran les línies que aniran fins a la caixa general de protecció de cada parcel·la a través de línies soterrades que passaran per les voreres del polígon.

A la següent taula es mostra la relació entre cada línia BT, la parcel·la que alimenta i el número total de parcel·les per cada línia:

LÍNIA	PARCEL·LES	Nº DE PARCEL·LES
BT.A	50,51,52,53,54,55,56,57,58,59,60,61,62,63,64,65	16
BT.B	33,34,35,36,37,38,39,40,41,42,43,44,45,46,47,48,49	17
BT.C	27,28,29,30,31,32	6
BT.D	15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26	12
BT.E	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14	14

Taula 4. Taula de relació entre les línies i les parcel·les que alimenta

Tal i com diu el REBT, hem de connectar el neutre, al menys cada 200m, a terra al llarg de tota la línia de baixa tensió en els respectius armaris de connexió i al final de cada línia principal i derivacions.

La següent taula mostra la relació entre la secció dels conductors, la intensitat màxima i les proteccions calculades:

LÍNIA BT	SECCIÓ(mm ²)	INTENSITAT NOMINAL(A)
A	3X95+1x50	487,14
B	3x35+1x16	346,41
C	3x25+1x16	230,94
D	3x70+1x35	303,10
E	3x25+1x16	267,02

Taula 5. Taula de descripció dels conductors, corrents i fusible de protecció

6.1 Descripció de les línies BT

Les cinc línies de BT surten dels centres de distribució mitjançant uns tubs de la caixa de distribució.

Aquests conductors seran els que dicta l'empresa subministradora FECSA-ENDESA; de coure tipus RV 0,6/1kV amb aïllament de polietilè reticulat XPLE i amb coberta de PVC.

6.2 Generalitats de les línies de baixa tensió

Generalitats bàsiques i comunes a les tres línies:

Companyia subministradora: FECSA-ENDESA

Freqüència: 50 Hz.

Tensió de línia: 400V

Tensió de fase: 230V

Tipus de conductor: de coure tipus RV 0,6/1kV amb aïllament de polietilè reticulat XPLE amb

Les generalitats variables a cadascuna de les 5 línies són les següents:

Línia	A	B	C	D	E
Longitud de línia(Km)	4,5	2	2	1	1
Secció fases(mm ²)	95	35	25	70	25
Secció neutre(mm ²)	50	16	16	35	16
c.d.t(%)	<5	<5	<5	<5	<5
Número de conductors transportats	3 fases + neutre	3 fases + neutre	3 fases + neutre	3 fases + neutre	3 fases + neutre
Potència màxima(kW)	270	192	128	168	148

Taula 6. característiques de les línies de baixa tensió

6.3 Solucions possibles i conductor escollit

Existeixen quatre possibilitats en quant a tipus de conductors a utilitzar. Aquests són el coure, l'alumini i aliatges d'alumini-acer, acer-coure.

A continuació es descriuen uns quants avantatges i desavantatges de cada tipus de conductor amb la finalitat d'escollir el més idoni per cada part de l'instal·lació.

Conductors de coure:

Avantatges:

Valor baix de resistivitat

Necessitarem una secció inferior, donat aquest valor de resistivitat baix

Inconvenients:

Preu elevat

Pes elevat i difícil de treballar

Els conductors de coure flexible es trenquen molt fàcilment; per tant optarem per conductor de coure rígid en cas d'escollir el coure per alguna part de la nostra instal·lació.

Conductors d'alumini:

Avantatges:

Pes reduït i elevada manejabilitat

Baix cost

Inconvenients:

Necessitarem una secció superior, donat el seu valor de resistivitat elevat

Poca resistència física, es trenca amb facilitat al tensar els conductors

Conductors d'aliatge alumini-acer:

Avantatges:

Mes lleuger que el coure

Molta rigidesa elèctrica gràcies als conductors d'acer

Cos mes reduït que el del coure

Inconvenients:

Mes pesat que l'alumini

Valor de resistivitat mes elevat que el del coure

Conductors d'aliatge coure-acer:

Avantatges:

Major resistència mecànica que el coure

Major conductivitat que l'acer

Inconvenients:

Molt pesat

Poc manejable

Preu elevat com el coure

Per totes les línies de baixa tensió utilitzarem fil d'alumini tal i com ho exigeix la companyia elèctrica subministradora FECSA-ENDESA d'alumini CNL00100 tipus RV 0,6/1kV amb aïllament de polietilè reticulat XPLE i amb coberta de PVC. Cada una de les línies constarà de 3 conductors de fase i un neutre. Aquests tres conductors es distribuïran uniformement a

l'hora de distribuir els circuits monofàsics de cada parcel·la amb l'intenció d'equilibrar les tres fases.

La secció dels conductors de cada línia es determina als càlculs realitzats a la present memòria. A l'hora de realitzar els càlculs s'ha tingut en conta futures ampliacions de potència que es puguin projectar. S'eviten així possibles complicacions al adaptar les instal·lacions a una potència mes elevada, com per exemple que es tingui que tornar a obrir les rases per tornar a escollir cablejat.

Les seccions calculades són les següents:

Línia A: tres conductors unipolars de 95 mm^2 de secció i un conductor unipolar neutre de 50 mm^2 de secció.

Línia B: tres conductors unipolars de 35 mm^2 de secció i un conductor unipolar neutre de 16 mm^2 de secció.

Línia C: tres conductors unipolars de 25 mm^2 de secció i un conductor unipolar neutre de 16 mm^2 de secció.

Línia D: tres conductors unipolars de 70 mm^2 de secció i un conductor unipolar neutre de 35 mm^2 de secció.

Línia E: tres conductors unipolars de 25 mm^2 de secció i un conductor unipolar neutre de 16 mm^2 de secció.

Característiques del tipus de cable utilitzat:

Tipus de conductor: RVK 0,6/1kV

Diàmetre d'un fil: de 1,25 a 5,55mm.

Pes específic d'un fil: $2,70 \text{ gr/cm}^2$.

Les característiques tècniques de les tres línies obtingudes dels càlculs fets als annexes i les determinacions obtingudes a la memòria són les següents:

Centre de transformació	Línia BT	Potència(kW)	Longitud de línia(m)	Caiguda de tensió(%)
CT1	BTA	270	4,5	<5%
CT2	BTB	192	2	<5%
	BTC	128	2	<5%
CT3	BTD	168	1	<5%
	BTE	148	1	<5%

Taula 7. Taula de descripció de cada línia

6.4 Repartiment de càrregues

Quan es realitzin les corresponents instal·lacions i cablejat, es procedirà a la realització dels contractes entre la companyia subministradora i els abonats.

S'instal·laran els comptadors a partir de les tarifes pactades i les instal·lacions parcials s'adaptaran als abonats.

S'equilibraran les càrregues monofàsiques per evitar desequilibrar les línies trifàsiques. També cal a dir que la companyia ja té previst un desequilibri de càrregues d'un 20%. Aquestes dades es detallen posteriorment al llarg del present projecte.

6.5 Posta a terra de les línies BT

Aquesta posta a terra es realitzarà independentment de la posta a terra dels centres de transformació.

Es realitzarà amb cable flexible bicolor RVK 0,6/1kV de 25mm² de secció i es transportarà sota tub rígid independentment de les línies de baixa tensió.

Es passarà per les mateixes rases de les línies de baixa i a una profunditat de 0,6mt.

Aquesta posta a terra haurà de ser inferior a 37Ω segons l'instrucció ITC-BT018.

6.5.1 Generalitats sobre la posta a terra de les línies BT

Segons la taula 1.4.3.1 del projecte, algunes característiques del conductors utilitzat a cada línia per la posta a terra:

Nomenclatura: General cable CBL RV-K 25mm²

Secció: 25mm²

Color: bicolor

Diàmetre del d'un fil: de 1 a 7,5mm

Pes quilomètric del conductor: 120Kg/Km.

Diàmetre del conductor: 11mm

6.5.2 Posta a terra del neutre

Al llarg de tot el seu recorregut, el terra i el neutre es connectaran en diversos punts:

Es connectarà diverses vegades al neutre a les nombroses caixes de seccionament.

Farem les connexions amb piquetes de 2mt. de coure de les mateixes característiques que s'han enumerat abans

Es connectarà a terra mitjançant 2 punts al llarg de cada línia.

El primer punt serà al centre de transformació i l'altre connexió a terra es farà mes o menys a la meitat de la línia, a l'interior de l'armari de connexions d'una parcel·la.

Es faran mitjançant piques de coure enterrades al sòl a una distància determinada. Mes endavant a l'apartat de connexions a terra es detallaran aquests aspectes.

Amb aquestes connexions es garanteix un potencial de 0V al llarg de totes les tres línies.

6.6 Armaris de derivació de les parcel·les

Amb la finalitat de realitzar les connexions, posar les proteccions i instal·lar la caixa general de protecció, cada parcel·la disposa d'un armari de derivació on finalitzaran les línies de baixa tensió. A més de la caixa general de protecció, trobarem la caixa de seccionament.

Aquest armari ve determinat per l'empresa subministradora FECSA-ENDESA i serà del tipus 72 M022.

La caixa general de protecció serà la unificada de la marca HIMEL amb referència CGPH/PN-55.

Com marca la normativa, la línia BT arribarà soterrada i entrarà a la caixa general de protecció per la part inferior i sortirà per la part superior.

Cada parcel·la disposarà d'una CGP i d'un armari de derivació.

Les connexions dels conductors es faran a unes platines de coure de 30x4mm a la part inferior de la caixa de seccionament.

6.7 Rases

Les línies de BT es portaran mitjançant rases soterrades com ja hem esmentat abans. Aquestes, tal i com diu el REBT, tindran una profunditat de 80cm i 60 cm d'amplada.

Al fons de les rases es prepara un terra a partir de sorra sílica compacta de 10 cm de grossor.

Els conductors aniran agrupats entre ells mitjançant brides metàl·liques que es col·locaran cada metre aproximadament o mes a prop en llocs amb corbes pronunciades (com per exemple a la sortida o arribada de la línia).

A sobre d'aquests conductors es posarà una capa de sorra com l'esmentada a l'apartat anterior i sobre aquesta sorra es posaran reforços amb la finalitat de remarcar el pas de les línies i advertir de la seva presència davant la possibilitat de properes modificacions a prop del pas de les línies.

A més d'aquestes proteccions, també es col·locarà unes proteccions de plàstic que subministra la pròpia empresa FECSA-ENDESA, les quals ajudaran encara més a advertir la presència i el pas de les línies de tensió.

6.7.1 Rases de creuament de voreres

Per les zones on les línies traspassin les carreteres, els conductors es passaran per dintre de tubs rígids de PVC de 120mm. de diàmetre. La resta de les rases s'emplenarà amb formigó. D'aquesta manera s'eviten possibles ruptures o seccionaments dels conductors per culpa dels aplanaments que pugui sofrir.

Aquestes rases, tal i com diu el REBT, tindran una profunditat mínima de 90 cm i 60 cm d'amplada.

7 Centres de transformació

La funció dels centres de transformació es la d'albergar els transformadors i altres elements de la instal·lació i reduir l'alta tensió que arriba al centre amb la finalitat de subministrar energia als abonats.

Des d'aquests centres sortiran les línies d'alimentació de baixa tensió per les naus industrials i la il·luminació viària.

Aquest polígon industrial consta de tres centres de transformació.

Tots els càlculs i les decisions que es prendran en relació als centres de transformació i qualsevol apartat del present projecte, es faran tenint en conta el reglament electrotècnic de baixa tensió sobre condicions tècniques i garanties de seguretat en centrals elèctriques, subestacions i centres de transformació.

S'ha de preveure que en almenys un dels centres de transformació es puguin instal·lar un altre transformadors per possibles ampliacions de potència. Aquest centre serà el número 1. S'acondicionarà per possibles ampliacions i col·locació d'un segon transformador.

7.1 Característiques dels centres de transformació

A l'hora d'escollir un centre de transformació, disposem de dues opcions:

Centre de transformació prefabricat

Centre de transformació d'obra

Donats els avantatges que aporten els centres de transformació prefabricats, optarem per la seva instal·lació.

Alguns avantatges son els següents:

Facilitat d'instal·lació

Facilitat en el muntatge

Temps de muntatge reduït

Molt econòmics(degut als avantatges esmentats abans)

Bon disseny

Els 3 centres de transformació seran plafons prefabricats de formigó en totes les seves parets, porta i sostre. D'aquesta manera no necessitarem cap tipus de cimentacions.

El tipus escollit serà UNIBLOCK de la marca OLAZABAL i model PF-203/303

Estan compostos de dos parts de formigó compacte:

la base, composta de les portes i el terra. Incorpora la porta i unes reixes de protecció.
el sostre

Aquests petits edificis estan pintats de color blanc en les parets, terra i porta, i de color marró el sostre.

La qualitat d'aquestes construccions destinades a la transformació, estan reconegudes pel departament de qualitat UNESA, després de nombrosos assajo realitzats segons la norma RU 1303A

Les dimensions del centres són les següents:

Dimensions exteriors:

Amplada: 2620 mm.

Allargada: 7040 mm.

Altura: 3040 mm.

Superfície total: 14,5m²

Dimensions interiors:

Amplada: 2200 mm.

Allargada: 5900 mm.

Altura: 2355 mm.

Superfície total: 13m²

Dimensions excavacions:

Amplada: 6880 mm.

Allargada: 3180 mm.

Profunditat: 560 mm.

Superfície total: 14,5m²

A l'interior s'instal·laran tots els components elèctrics(transformadors, connexionats, proteccions...).

Aquests centres de transformació seran de la companyia subministradora FECSA-ENDESA

Els conductors d'alta tensió s'introduiran per uns forats perforats a la base d'una de les parets de formigó.

7.2 Emplaçament

Els centres s'han ubicat seguint una regularitat en quant a parcel·les a cobrir i situació d'aquestes parcel·les. Així s'evita que un grup de parcel·les ubicades al mateix lloc tinguin alimentació de diferents centres de transformació.

El centre de transformació 1 estarà ubicat a la parcel·la nº 7, al carrer al carrer indústria núm. 31 a l'encreuament amb el carrer del gas.

Constarà d'un transformador de 400 kVA de potència i alimentarà a la línia 1.

El centre de transformació 2 també estarà ubicat al carrer de la indústria però a l'extrem invers, a l'encreuament d'aquest amb la carretera c-31 i ocuparà la parcel·la numero 61.

Constaran d'un transformador de 400 kVA de potència i alimentarà a les línies 2 i 3.

El centre de transformació 3 estarà ubicat a la parcel·la núm. 41 al carrer de la metal·lúrgia.

Constarà d'un transformador de 400 kVA de potència i alimentarà a les línies 4 i 5.

Les característiques de cada transformador estan definides posteriorment en el present projecte.

Els cinc transformadors suportaran una càrrega similar per evitar la saturació d'un d'ells i/o el funcionament a mitja càrrega de l'altre.

7.3 Aparellatge dels centres de transformació

Els elements que componen els centres de transformació són els següents:

7.3.1 Cel·les

La funció de les cel·les és la de complir les necessitats de tall, tensió, corrent nominal, curtcircuit...

Per a protegir l'aparellatge interior dels centres de transformació hem escollit unes cel·les tipus CGM de formigó de la marca (OLAZABAL) amb grau de protecció IP305.

Els quadres són mòduls regulables segons les necessitats, complint normatives UNE 20099 i les prescripcions reglamentàries de les instruccions ITC-BT 48, ITC-BT11 i ITC-BT14.

Aquestes cel·les queden fixades a terra mitjançant angles rígids de 90°.

La normativa UNE 20099 mencionada a l'apartat anterior exposa unes condicions nominals de servei exposades a continuació:

Rang de temperatura ambiental: entre -5°C i 40°C

Altitud màxima permesa: no superior a 1000m sobre el nivell del mar

L'ambient de les cel·les no ha de contenir pols, fums, vapors ni gasos inflamables.

7.3.1.1 Generalitats de les cel·les

Les característiques són les següents:

Tensió nominal: 10kV

Tensió màxima: 15kV

Intensitat nominal: 450A

Intensitat màxima:600A

Freqüència nominal: 50 Hz

Aïllament a 50Hz: 50kV

Límit tèrmic: 12,5kV

Límit electrodinàmic: 31,5kA

7.3.1.2 Tipus de cel·les. Cel·les de línia

La seva funció és la de seccionar el corrent nominal i connectar a terra els tres borns de connexió.

Consta d'un interruptor seccionador de tres posicions.

7.3.1.3 Cel·les d'interruptor automàtic

La seva funció és la de protegir l'instal·lació i al transformador de forma general.

Consta d'un interruptor automàtic i un seccionador de tres posicions.

7.3.1.4 Cel·les de protecció per fusibles

La seva funció es la de protegir les línies contra sobreintensitats.

Consta d'un interruptor per línia trifàsica i un fusible per cada conductor.

7.3.1.5 Cel·les de mesura

La seva funció és la de realitzar les mesures necessàries i detectar amb aquestes possibles avaries.

Consta de tres transformadors de mesura de tensió e intensitat i comptadors de potència.

7.3.1.6 Connexions entre cel·les

Hi ha varis tipus de connexions entre les cel·les.

Les connexions que van fins als transformadors de mesura i els comptadors, es fan mitjançant cablejat flexible. Aquestes connexions es s'uneixen a les cel·les mitjançant terminals de la mateixa secció que el cablejat.

Per les connexions mecàniques entre cel·les s'utilitzen conjunts d'unió.

Aquests conjunts d'unió, estan formats per tres adaptador connectables que es col·loquen als laterals de les cel·les. Aquests conjunts d'unió ja venen aïllats de fabrica.

7.4 Transformadors AT/BT

Per aquestes instal·lacions hem escollit 3 transformadors de 400 kVA

Els escollim de bany d'oli perquè els considerem ideals per les nostres instal·lacions, amb totes les seves avantatges i inconvenients que es redacten a continuació.

Els seus avantatges e inconvenients són els següents:

No hi ha degradació d'oli ni per corrosió, oxidació ni absorció d' humitat.

Pes reduït

Manteniment gairebé nul

Gran robustesa de tot el seu conjunt

7.4.1 Generalitats dels transformadors

Tots els tres transformadors tenen les mateixes característiques i són les següents:

Marca: OLAZABAL

Model: UNIBLOCK

Tipus: PF-203/303

Potència nominal: 400 kVA

Tensió de primari:25kV

Tensió de secundari: 400/240V

Pèrdues en el ferro: 990W

Pèrdues en el coure: 4200W

Tensió de curtcircuit: 5%

Caigudes de tensió a plena càrrega: 1%

Rendiment a plena càrrega($\cos \varphi=1$): $\eta=98\%$

Rendiment a plena càrrega($\cos \varphi=0,8$): $\eta=97\%$

Tipus de connexió: Dy11

Altura: 1300mm

Amplada: 850mm

Allargada: 1300mm

Pes oli: 350 litres

Pes total: 1200Kg

7.5 Quadres de baixa tensió

La funció d'aquests quadres és la d'agafar la línia de baixa tensió ja modificada pels transformadors i distribuiria per les tres línies de baixa tensió que arribaran fins a les escomeses particulars.

Aquests quadres seran de la marca OLAZABAL i tipus AC-4. de xapa electrozincada. Aquesta xapa està reforçada i protegida amb pintura en pols que garanteix una excel·lent protecció contra el calor i resistència contra la corrosió.

Dimensions dels quadres de baixa tensió:

Altura: 900mm.

Amplada: 900mm.

Allargada: 2020mm.

El grau de protecció es IP54 per complir les necessitats i especificacions que marca la normativa.

Constarà de la corresponent ventilació, la qual reduirà les pèrdues en el coure de l'aparellatge.

El marge de temperatura interior per garantir un correcte funcionament està entre -10 i 20°C.

Els conductors que surten dels quadres de baixa tensió variaran en secció depenent de la línia:

LÍNIA A: 3 fases de 95 i 1 neutre de 50.

LÍNIA B: 3 fases de 35 i 1 neutre de 16.

LÍNIA C: 3 fases de 25 i 1 neutre de 16.

LÍNIA D: 3 fases de 70 i 1 neutre de 35.

LÍNIA E: 3 fases de 25 i 1 neutre de 16.

Aquestes fases estaran protegides per fusibles de 315A segons marca la normativa de l'empresa subministradora.

Aquests quadres estan compostos per quatre unitats funcionals:

unitat d'embarrat

unitat d'escomesa

unitat de protecció

unitat de control

7.6 Ponts de baixa tensió

Entre els quadres de baixa tensió, es subministrarà l'energia mitjançant uns ponts físics.

La seva funció és la de distribuir l'energia cadascun dels quadres garantint proteccions i un bon repartiment del corrent.

Aquests ponts seran d'alumini i amb una secció de 240mm² tant per la fase com pel neutre.

7.7 Posta a terra dels centres de transformació

La posta a terra dels centres de transformació s'han realitzat a partir de la norma ITC-BT18.

Els conductors empleats seran de coure despullat complimentats amb piquetes de longitud determinada.

Es determinaran els càlculs d'aquestes dades mes àmpliament i altres, a l'annex de la memòria.

A cada centre de transformació s'han proposat posar dos preses de terra. La de servei i la de protecció.

7.7.1 Posta a terra de protecció

Tots i cadascun dels elements metàl·lics i conductors instal·lats als centres de transformació (quadres, reixes de protecció, carcasses de la maquinària..), es connecten entre ells i es connecten a la terra de protecció.

Als voltants del centre de transformació, s'enterrarà un cercle amb 4 piquetes de 2m de longitud formant un anell de protecció.

Aquest anell tindrà un diàmetre de 7 m. i el cable despul·lat que connecta les piquetes té una secció de 50 mm².

7.7.2 Posta a terra de servei

Com ja hem comentat abans, el neutre es connecta a terra a dos punts de cada línia i un d'ells és als centres de transformació. Aquesta presa de terra serà independent a la comentada abans perquè no influeixi en les instal·lacions generals dels terres.

7.7.3 Generalitats sobre la posta a terra dels centres de transformació

Les característiques del conductor de terra utilitzat als tres centres de transformació són les següents:

Segons la taula 2 del projecte, algunes característiques dels conductors de terra són les següents:

Secció: 50mm²

Tipus de conductor: coure despul·lat

Diàmetre d'un fil: 1 a 7,5mm

Càrrega mínima de ruptura: 45 a 37Kg/mm²

Resistivitat ohmica a 20°C: 0,01759Ωmm²/m.

Pes específic del conductor: 300Kg/Km

Coeficient de dilatació: 17x10⁹

Mòdul d'elasticitat: 12000Kg/mm²

Número de piquetes: 4

Marca: General cable(GGC)

Model: GGC P2M

Longitud: 2 m

Distància d'esfondrament de les piquetes: 0,50m

Diàmetre del cercle de protecció:7

7.8 Il·luminació en els centres de transformació

L'il·luminació dels centres de transformació és compon de l'il·luminació interior i exterior.

7.8.1 Il·luminació exterior

La façana dels centres de transformació quedarà il·luminada amb dos punts de llum.

S'ha escollit llum blanca i clara aportada per llums de vapor de mercuri de 80 w SYLVANIA amb un flux lluminós de 3400lum.

Aquestes llums estaran instal·lades a dins de lluminàries esfèriques d'alumini marca GEWISS, amb un braç de 400mm. de longitud y ferro galvanitzat marca IEP.

7.8.2 Il·luminació interior

Per L'il·luminació interior necessitem al menys un nivell mig d'il·luminació de 280 lux.

S'ha optat per instal·lar dues regletes sylvania ref. 46442 de dos tubs fluorescents de 58W cadascuna llum dia(sylvania 58W/860). Aquests tubs de 58W ens aporten cadascun una il·luminació de 89lumens/wat. Obtenint una il·luminació total d'uns 350 lux. Mes que suficient per realitzar les feines a l'interior dels centres de transformació.

Aquests punts de llum s'han de situar en llocs on es puguin substituir els tubs fluorescents sense cap perill de contactes amb altres elements del centre de transformació.

L'il·luminació s'activarà amb un interruptor situat al costat de la porta d'entrada i constarà d'un pilot vermell que indicarà la seva presència.

7.8.3 Llum d'emergència dels centres de transformació

Com a previsió de possibles problemes en el subministrament del corrent, s'instal·larà una llum d'emergència sobre la porta del centre per indicar la presència de la mateixa.

Aquesta llum és de superfície de 70 lúmens i 1 hora d'autonomia marca LEGRAND, model C3 i referència 61508.

7.9 Ventilació dels centres de transformació

La ventilació dels centres de transformació es crea gràcies a unes reixes en forma de "v" inversa situades als edificis de formigó. Amb aquestes reixes aconseguim una òptima ventilació dels transformadors.

S'han dissenyat per dissipar el calor generat per les elevades potències dels transformadors.

Amb aquestes reixes complim la normativa vigent sobre ventilació de grans transformadors avalada pels protocols 93066-1 i el 92202-1 que fan referència directament a la norma RU1303A.

7.10 Ventilació del/s transformadors

A la part inferior d'accés als transformadors i a la part posterior, hi ha unes obertures per la refrigeració dels mateixos. D'aquesta forma es crea un corrent al voltant del transformador refrigerant-lo adequadament.

7.11 Portes dels centres de transformació

Hi ha dos tipus d'accés als centres:

una porta per l'accés del personal de manteniment

un accés directe pel transformador

Aquest darrer tipus d'accés es modificable en número i mides segons el número i mida dels transformadors.

La porta d'accés pel personal té unes dimensions de 900x2100mm.

La obertura Standard d'accés del transformador és de 1260 x 2400 mm.

L'obertura de les portes pot arribar fins als 180°.

7.12 Cimentacions

Per a poder col·locar l'edifici dels centres de transformació, hem de complir el que exigeix la normativa.

S'ha de fer una excavació de dimensions: 5260 x 3180 i 560 mm de profunditat.

Aquesta excavació s'ha de cobrir amb uns 10 cm de sorra compacta en el fons.

7.13 Proteccions

A l'interior dels centres de transformació es protegiran a les persones i a l'aparellatge elèctric.

7.13.1 Proteccions contra incendis

A l'interior del centre de transformació es col·locarà un extintor mòbil.

La norma RAT-14 exigeix l'instal·lació d'extintors fixos en centres on hi hagi presència de transformadors o aparells amb un volum d'oli superior a 600 litres.

Com que els nostres transformadors tenen un volum d'oli de 350 litres, optarem per instal·lar un únic extintor mòbil.

El extintor necessari és de la classe 610B, emprat per volums d'oli entre 350 i 600 litres.

7.13.2 Proteccions del personal

Els aparells de connexions han d'estar a cada moment visibles pel personal instal·lador en front qualsevol possible problema que requereixi desconnectar les línies.

Els comandaments d'acció i parada estaran en tot moment davant l'operari de manteniment a l'hora de realitzar alguna reparació o modificació.

Abans de treballar a les zones amb tensió, aquestes deuen disposar de les respectives connexions a terra per garantir una bona protecció en cas de fuites.

Els conductors han d'estar degudament aïllats amb els elements necessaris (terminals, regletes de connexió, borns, embarrat...) i sense parts visibles.

A les portes dels centres es posarà un cartell corresponent triangular, advertint la presència d'altres tensions perilloses (figura 1.4.3.13.2).

Les dimensions i el color dels cartells són els especificats per la recomanació AMYS 1.410, model AE-10.

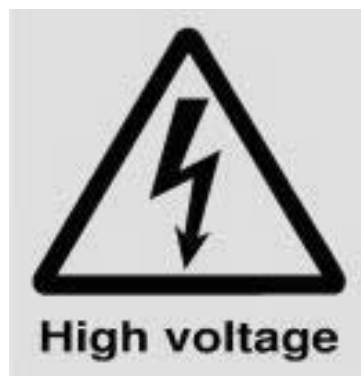


figura 1. Disseny de l'enganxina de senyalització AE-10

A l'interior es colorarà un altre cartell amb les '5 reglas de oro de la electricidad':

LAS "5 REGLAS DE ORO" PARA TRABAJAR EN INSTALACIONES ELECTRICAS (Art. 62 y 67 de O.G.S.H.T.)		TIPO DE INSTALACIÓN	
		BAJA TENSIÓN U < 1000 V	ALTA TENSIÓN U ≥ 1000 V
1ª	Abrr todas las fuentes de tensión.	OBLIGATORIO	OBLIGATORIO
2ª	Enclavamiento o bloqueo si es posible, de los aparatos de corte.	OBLIGATORIO SI ES POSIBLE	OBLIGATORIO SI ES POSIBLE
3ª	Reconocimiento de la ausencia de tensión.	OBLIGATORIO	OBLIGATORIO
4ª	Poner a tierra y en cortocircuito todas las posibles fuentes de tensión.	RECOMENDABLE	OBLIGATORIO
5ª	Delimitar la zona de trabajo mediante señalización o pantallas aislantes.	RECOMENDABLE	OBLIGATORIO


ST. XI. 26

figura 2. "5 reglas de oro de la electricidad"

8 Enllumenat viari

En aquest apartat el que es pretén es descriure les característiques de l'enllumenat que s'instal·larà als carrers del polígon.

Aquestes especificacions venen donades a partir dels càlculs realitzats a l'annex del present projecte.

S'entén per enllumenat públic al que es localitza en llocs oberts a la circulació i la seva finalitat es la d'afavorir la conducció nocturna, orientar i evitar riscos provocats per la falta de visibilitat.

8.1 Normativa aplicada

Per l'estudi i càlcul de l'enllumenat viari, s'ha tingut en conta la norma DIN 5044 i les recomanacions de llibres i publicacions.

8.2 Generalitats sobre l'enllumenat

nº total de punts de llum: 55

alçada de les columnes: 6, 7.5 i 10 depenent del carrer

Tipus de llum utilitzada: Vapor de mercuri (llum blanca)

8.3 Obra civil

Els components que componen l'obra civil són els següents:

8.3.1 Cimentacions

Les cimentacions de les lluminàries estaran relacionades amb el tipus i model escollit.

S'adaptaran en mides i característiques a les donades pel fabricant abans de començar les instal·lacions.

Segons el tipus de lluminària, s'escollirà un tipus de columna, la qual anirà subjectada al terra amb els corresponents suports, arandelles i femelles. Segons el tipus i forma d'aquests accessoris, s'adaptaran les cimentacions a conveniència.

Per situar la columna, inicialment s'utilitzarà una plantilla proporcionada pel fabricant, la qual ens ajuda a centrar els suports.

Posteriorment, un cop instal·lades totes les columnes, es procedirà a l'encoframent de la base i suports de les mateixes amb formigó.

Amb aquest formigó quedaran finalitzades les obres de les voreres.

8.3.2 Rases

Entre els punts de llum es passaran dos tubs protectors per enfundar els fils d'alimentació i la posta a terra. Aquests tubs seran de PVC de 12cm de diàmetre i un espessor de 8mm. Aquests tubs protectors, es passaran per unes rases realitzades a 40cm de fondària. Posteriorment es cobriran els tubs amb formigó situant a mes a mes una senyalització als 10cm. d'altura per senyalitzar la presència dels tubs en properes modificacions.

8.3.2.1 Rases d'encreuament de calçades

Per rases d'encreuament de calçades, es passaran 4 tubs en contes de 2 i aquests seran mes robustos. Seran de plàstic rígid de 1cm. de grossor. La resta de la rasa s'emplenarà de formigó armat a la part baixa de la rasa i formigó d'inferior qualitat a la resta de la rasa. Es deixaran uns 15-20cm pel quitrà de la carretera.

8.4 Disposició dels punts de llum. Possibilitats i solució adoptada

Donat l'espai ampli de les voreres, i la grandària dels carrers de les zones industrials, l'enllumenat viari en aquestes zones es sol realitzar amb lluminàries situades sobre altes columnes metàl·liques.

Hi ha diverses formes de col·locar els punts de llum al llarg de tots els carrers segons les característiques de la zona, i les nostres necessitats.

Definim a continuació quatre possibilitats de col·locació dels punts de llum mes utilitzades, d'entre totes les possibilitats:

De forma unilateral

De forma bilateral o en oposició

De forma central

En zig-zag

8.4.1 Forma unilateral

Aquest tipus de coloració de les columnes consisteix en col·locar-les totes en un costat del carrer. S'utilitza aquest cas únicament quan l'amplada de la carretera es igual o inferior a l'alçada de les columnes.

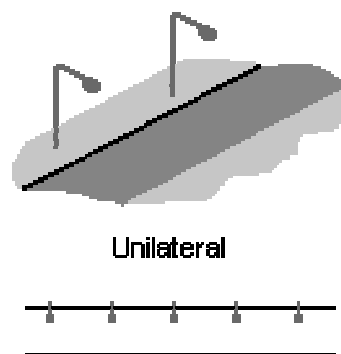


figura 3. figura representativa del sistema unilateral

8.4.2 Forma bilateral o en oposició

Aquest sistema consisteix en col·locar cada punt de llum en front de l'altre, posant el mateix numero de lluminàries en ambdós costats.

Es col·loquen d'aquesta manera els punts de llum quan l'amplada supera en 1,5 vegades l'altura de les columnes.

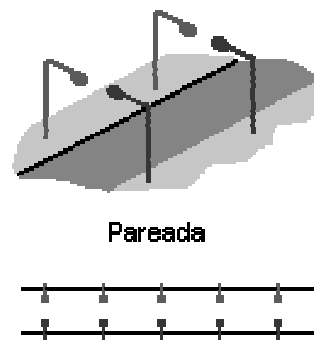


figura 4. figura representativa del sistema bilateral

8.4.3 Forma central

Aquest mètode s'utilitza en vies amb dos sentits clarament delimitats i amb mediana clarament delimitada al centre de la via.

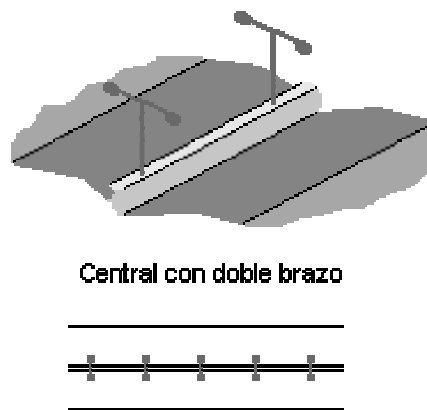


figura 5. figura representativa del sistema de forma central

8.4.4 En zig-zag

Aquest sistema també anomenat 'tresbolillo' consisteix en col·locar un punt als punts de llum formant un zig-zag al llarg de tota la via.

Aquest sistema s'utilitza quan l'amplada de la via es de 1 a 1,5 vegades superior a l'altura de les columnes.

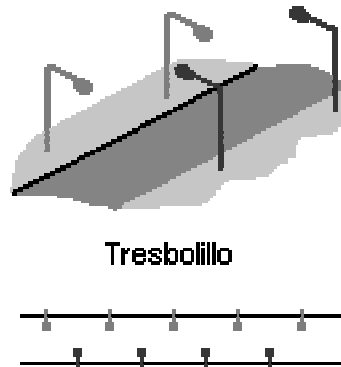


figura 6. figura representativa del sistema zig-zag o tresbolillo

El següent quadre mostra l'amplada de la que disposem a tots els carrers del polígon i la distribució que realitzarem dels punts de llum:

Carrer	Amplada (m)	Disposició
Indústria	15	Tresbolillo
Del gas	6,5	Unilateral
Del trefí	6,5	Unilateral
De la metal·lúrgia	15	Especial(encreuaments)

Taula 8. taula explicativa de les dades dels carrers i disposició

Al carrer de la metal·lúrgia no es defineix una forma de col·locació de les columnes donat que és un tall petit de carrer i coincideix amb un encreuament entre 3 carrers.

En aquest punt es col·locaran de forma especial per aconseguir la llum necessària.

8.4.5 Il·luminació en encreuaments

L'il·luminació de les vies s'ha d'incrementar quan aquestes arriben a una intersecció donat que hi ha unes necessitats més grans de llum.

Es recomana situar els punts de llum al costat dret de la via i un cop passat l'encreuament.

En encreuaments en forma de T s'ha de col·locar un punt de llum al finalitzar el carrer que termina.

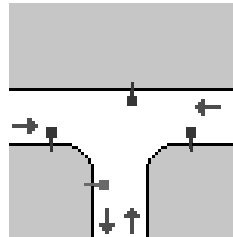


figura 7. Disposició dels punts en encreuament en T

Altres tipus d'encreuaments:

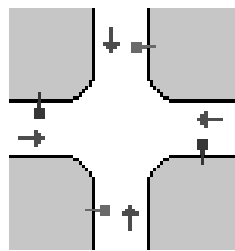


figura 8. Disposició dels punts en encreuament

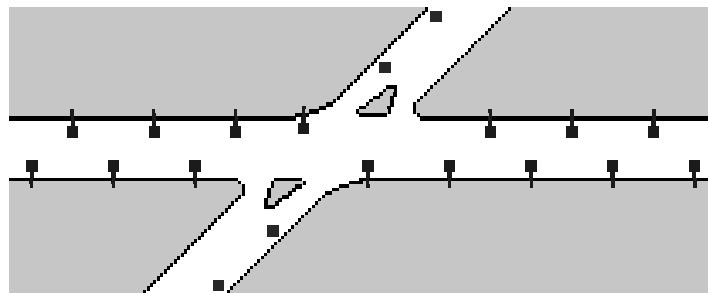


figura 9. Disposició dels punts en encreuament

8.5 Càlculs i dimensionament

Els corresponents càlculs de posta a terra, nivell d'il·luminació, intensitats...etc., es detalla a l'annex de la present memòria

S'utilitzaran bombetes de vapor de mercuri de 250 W. L'alçada de les columnes dependrà de l'amplada del carrer i del nivell d'il·luminació necessari.

La següent taula mostra la via, quantitat de punts de llum, alçada de les columnes, i potència de les bombetes:

Carrer	Nº de punts de llum	Alçada de les columnes	Potència d'una bombeta	Potència total per carrers
Indústria	20	10	250W	5000W
Trefí	9	6	250W	2250W
Vapor	6	6	250W	1500W
Metal·lúrgia	7	10	250W	1750W
Del gas	3	6	250W	750W
c-31	8	10	250W	2000W

Taula 9. taula explicativa de les dades dels carrers i quantitat de punts de llum

8.6 Altura de les columnes

A l'hora d'instal·lar un tipus de columnes o un altre, escollirem l'alçada depenent de la lluminositat que donin les lluminàries escollides i l'amplada de la via.

La taula següent mostra l'altura recomanada segons el flux lluminós de les nostres lluminàries:

Flux lluminós(lúmens)	Alçada recomanada(metres)
De 3000 a 9000	De 6,5 a 7,5
De 9000 a 19000	De 7,5 a 9
Major que 19000	Superior a 9

Taula 10. taula explicativa dels lúmens segons l'alçada de lluminàries.

Amb l'ajuda d'aquesta taula evitem fer una instal·lació incorrecta i que un cop instal·lada, no tinguem la llum necessària degut a una mala elecció de la columna.

A partir d'aquí hi pot haver un joc en relació a la lluminositat i l'altura corresponent.

Segons les determinacions realitzades posteriorment a l'annex de càlculs, les alçades de les columnes escollides són les següents:

CARRER	ALTURA COLUMNES(H)	FLUX LLUMINÓS(Lm)
Indústria	10	>19000
Trefí	6	3000
Vapor	6	3000
Del gas	6	3000
Metal·lúrgia	10	>19000
c-31	19	>19000

Taula 11. relació entre l'alçada de les columnes i el flux lluminós

Al costat de l'alçada de les columnes, es mostra el flux lluminós que hi haurà d'haver a la zona.

8.7 Posta a terra de l'enllumenat

Amb la posta a terra de l'enllumenat es pretén donar protecció a persones i animals en front a contactes indirectes.

Es connectarà una presa de terra a la part metàl·lica de totes les columnes destinades a l'il·luminació viària d'acord amb la norma ITC-BT18 per evitar contactes perillosos contra les persones. Aquesta connexió es farà mitjançant un cargol situat a la base de les columnes.

La línia que unirà la posta a terra de totes les columnes estarà connectada i la complimentaran una sèrie de piquetes de coure de 2mt i 10mm. de diàmetre clavades a

terra al finalitzar cada línia. Les tomes de terra de cada punt de llum estaran unides amb fil despullat de 16mm² de secció el qual es transportarà sota tub. Aquest tub passarà per les mateixes arquetes que les línies d'alimentació de l'enllumenat.

Les piquetes i el cable conductor es connectaran mitjançant grapes de connexió de coure de 35mm.

Amb totes aquestes proteccions es pretén una resistència inferior a 37Ω tal i com diu la normativa.

Si per circumstàncies de les instal·lacions, del sòl de la zona o altres, la resistència en algun punt fos superior a 37Ω, es complementarà amb mes elements de protecció(mes piquetes, una planxa metàl·lica, col·locació d'una estrella de terra, sal...).

La secció escollida es de 16mm² perquè amb una secció inferior a la utilitzada en els conductors de línia ja en farem prou. Per tant, si els conductors d'alimentació de la línia són de 35mm², escollim un conductor de terra de 16mm².

8.7.1 Generalitats sobre la posta a terra de l'enllumenat

Característiques del conductors de protecció utilitzats:

Marca: GGC(general cable)

Secció: 16mm²

Tipus de conductor: despullat

Tipus de conductor: coure despullat

Diàmetre d'un fil: 1 a 7,5mm

Càrrega mínima de ruptura: 45 a 37Kg/mm²

Resistivitat ohmica a 20°C: 0,01759Ωmm²/m.

Pes específic del conductor: 8,89gr/cm².

Coefficient de dilatació: 17x10⁹

Mòdul d'elasticitat: 12000Kg/mm²

Número total de piquetes: 3(una per cada línia)

8.8 Luminàries

Hem escollit lluminàries de la marca CARANDINI, model village VL-250M.

Aquestes lluminàries estan tapades amb una coberta de poliuretà injectat, la qual protegeix la bombeta i l'equip de la corrosió.



imatge 3. Fotografia de la lluminària industrial CARANDINI VL-250M



Imatge 4. Detall de la comporta de protecció de poliuretà

8.8.1 Característiques de les Iluminàries

Segons el catàleg comercial de CARANDINI S.A. aquestes són algunes de les característiques:

Marca: CARANDINI

Model: VL-250M

Tipus: industrial

Armadura: De fundició injectada d'alumini

Tapa posterior: de polipropilè injectat

Reflector: alumini

Tancament: poliuretà injectat

Color: gris plata RAL 7043

Classe elèctrica: Tipus I

Estanqueïtat: IP65

Dimensions: 660x265x275(mm)

Pes: 3,05 Kg.

A l'apartat de plànols podem trobar més informació sobre aquest element.

8.8.2 Tipus de llum

Les bombetes escollides seran de vapor de mercuri, les quals aportaran una llum blanca als carrers del polígon industrial.

8.8.3 Escomesa

L'escomesa per alimentar l'enllumenat viari, sortirà dels transformadors situat al costat de cadascun dels centres de maneig i control.

Aquestes escomeses aniran soterrades uns tres metres fins arribar als fusibles de protecció de les línies d'enllumenat.

8.8.4 Centres de maneig i control

Al costat de cada centre de transformació, es situarà un armari de comandament de l'enllumenat viari.

Aquest armari serà marca SIEMENS. Disposa de protecció IP65 i una porta per accedir-hi als comandaments.

S'instal·larà a l'interior d'un armari d'obra el qual el protegirà de les inclemències del temps.

La llum s'activarà automàticament mitjançant un rellotge programable de doble esfera i amb reserva de 24h de la marca LEGRAND i una cèl·lula fotoelèctrica marca STEINEL model nightmatic 2000 connectats en paral·lel.

El rellotge es programarà segons l'estació de l'any perquè encengui l'enllumenat quant les necessitats així ho requereixin.

Amb l'elecció d'un rellotge amb reserva es pretén evitar que es faci un reset amb un tall de corrent. Per tant, el rellotge escollit permetrà estar sense alimentació fins a 24h.

L'enllumenat es desactivarà un 50% a les 12 de la nit per estalviar energia.

L'activació de l'enllumenat també es podrà realitzar de forma manual.

A l'armari de comandament, a més a més del rellotge, s'instal·laran altres elements de comandament i protecció com per exemple:

Interruptors magnetotèrmics

Interruptors diferencials

Interruptor de control de potència

Commutadors

Interruptors tetrapolars

Termostats

Bombeta de 100W

Interruptor de la bombeta de 100W.

Comptador d'activa

Comptador de reactiva

Proteccions de l'enllumenat per fusibles

8.8.4.1 Generalitats dels centres de maneig i control

La quantitat i característiques dels elements que componen els centres de maneig i control de l'enllumenat són les següents:

nº de comptadors: 2

tipus de comptadors: un d'energia reactiva i un d'energia activa

nº de fusibles: 3

característiques dels fusibles: 30 A tipus NH0

Termostats: 1

commutadors: 1 de 4 posicions

interruptors diferencials:1

característiques dels diferencials: 2 pols 20A

interruptors de control de potència: 1

característiques dels interruptors de control de potència: 20 i 40A

interruptors magnetotèrmics: 2

característiques dels interruptors magnetotèrmics:2 pols 20A

contactors: 2

característiques contactors:2 de 20A

nº de cèl·lules fotoelèctriques: 1

il·luminació: 1 bombeta de 100w.

8.8.5 Proteccions

Cada punt de llum disposa de protecció contra sobreintensitats amb fusibles de 6A instal·lats en caixes CAHORS i a prop de la porta de connexions per facilitar futures substitucions.

A mes a mes d'aquestes proteccions, al quadre de comandament i protecció es posaran fusibles tipus NH0 de la marca SIEMENS de 30 A. El càlcul i justificació el podem trobar a l'annex de la present memòria.

8.8.6 Columnes

Escollirem un tipus de columnes de subjecció de les lluminàries que compleixi la normativa, evitant l'entrada de pols, aigua o humitat.

Aquestes columnes són d'acer galvanitzat de 7mm. de grossor i 10mm. en la base de subjecció. Disposen d'una obertura amb tancament especial per accedir a tots els cablejats i connexions. Aquesta porta haurà de ser IP44 segons UNE 20.324

Aquestes columnes s'enclavaran al terra amb uns perns M20 doblegats en forma de jota, els quals s'agafen amb molta força al formigó del sòl.

A la següent taula es mostra l'alçada de les columnes en cada situació:

CARRER	ALÇADA DE LES COLUMNES(H)
Indústria	10
Trefí	6
Vapor	6
Del gas	6
Metal·lúrgia	10
c-31	19

Taula 12. alçada de les columnes

8.8.6.1 Generalitats sobre les columnes

Marca: BACOLGRA S.A.

Alçada: 6, 7,5 i 10 depenent del carrer i les necessitats.

Caixa de connexions: porta petita a uns 50 cm del terra.

Diàmetre subjeccions: 18mm.

Color: plata

8.8.7 Instal·lació de l'enllumenat

Aquestes instal·lacions s'ajustaran a la norma ITC BT-09 apartat 1.1.1.

Els conductors escollits per fer les connexions seran de coure de 35 mm² de secció, 0,6/1kV i lliure d'al·lògens(per evitar la propagació del foc en cas d'incendi).

Els valors de les seccions del cablejat es calculen i detallen a l'annex de la memòria.

S'evitaran realitzar empalmes a l'interior de les columnes i es deixarà bastant marge de fil per desmuntar les columnes sense problemes.

Les connexions es realitzaran amb terminals els quals es connectaran correctament i amb molta cura per evitar contactes indirectes amb el metall de la columna.

En aquest apartat no es parla de l'instal·lació de la posta a terra donat que ja s'especifica a l'apartat anterior 1.4.6.11 Posta a terra de l'enllumenat.

8.8.7.1 Generalitats sobre l'alimentació de la il·luminació

Número de conductors: 2+terra

Colors: negre(fase) i blau(neutre)

Tipus: cablet flexible de coure

Secció fases línia 1: 25mm²

Secció fases línia 2: 25mm²

Secció fases línia 1: 16mm²

Secció neutres: 16mm²

Marca: general cable: GGC

Diàmetre del cable: 12,4 mm.

Pes quilomètric del conductor: 425 Kg/Km.

9 Distàncies de seguretat

En el transport de les línies, s'ha de tenir en conta el pas d'aquests a prop de boscos, per sobre de parts edificades, paral·lelismes amb altres línies.. el reglament estableix una sèrie de distàncies mínimes de seguretat a complir.

Per prevenir possibles problemes amb els conductors, s'han de calcular i definir una sèrie de distàncies les quals aporten seguretat a l'instal·lació.

9.1 Normativa revisada

Per l'estudi i càlcul de les distàncies de seguretat, s'ha tingut en conta la norma RAT i més concretament l'article 25.

9.2 Generalitats sobre les distàncies de seguretat

Les distàncies mínimes calculades a l'annex de la memòria i descrites mes endavant són les següents:

Distància mínima entre els conductors a terra: 16m

Distància mínima entre conductors: 16cm

Distància mínima entre conductors i recolzaments: 27cm

9.3 Distàncies dels conductors a terra

L'altura de les torretes de transport tindran una alçada mínima de 16 m.

Aquesta distància mínima es necessària perquè tots els conductors passin per sobre de qualsevol element.

9.4 Distàncies entre conductors

Segons la norma RAT i mes concretament l'article 25, la distància entre conductors serà aquella amb la qual s'evitin possibles curtcircuits provocats per apropaments entre ells, ni entre fases ni posta a terra.

S'haurà de tenir en conta el balanceig que pugui provocar les inclemències del temps així com el vent, la pluja, grans nevades...

Així, segons s'ha calculat a l'annex del projecte, la distància mínima entre conductors serà de 16cm.

9.5 Distàncies entre els conductors i els recolzaments

Com hem comentat a l'apartat anterior, segons diu la norma RAT a l'article 25, la distància entre conductors i recolzaments serà aquella amb la qual s'evitin possibles curtcircuits provocats per apropaments entre ells, ni entre fases ni posta a terra

S'haurà de tenir en conta el balanceig que pugui provocar les inclemències del temps així com el vent, la pluja, grans nevades...

Així, segons s'ha calculat a l'annex del projecte, la distància mínima entre conductors serà de 0,27 m.

10 Resum del pressupost

El preu final del pressupost sense IVA té un valor de sis-cents quaranta sis-mil tres-cents vuitanta nou amb seixanta un cèntims d'euro.

11 Conclusions

Amb la realització de la memòria del present projecte s'han complert totes les determinacions detallades a l'inici del mateix.

Per complir aquests objectius, s'ha tingut en conta diverses normatives que comprenen la realització dels càlculs, hipòtesis, determinacions i suposicions.

Alejandro Gómez García

Enginyer tècnic industrial especialitat electrònica industrial

Girona, 18 de maig del 2006

12 Relació de documents

Aquest projecte tècnic consta dels següents documents:

Memòria: En aquest document serà on s'explicarà el què es pretén fer, metodologia que volem seguir i conclusions extretes al finalitzar el projecte. S'inclouran dos annexos amb tots els càlculs i determinacions realitzades.

Plànols: Els dibuixos i esquemes del polígon quedaran inclosos en aquesta part. S'inclouran plànols de situació, distribució de parcel·les, centres de transformació, línies, esquemes de connexionat, il·luminació...

Plec de condicions: Document on s'explicarà el plec de condicions tècniques, administratives i econòmiques. Es detallen també les especificacions del material i condicions de garantia del mateix.

Estat d'amidaments: Relació de material, eines, components, despeses i nombre d'hores dedicades a l'estudi, disseny i instal·lacions del present projecte.

Pressupost: És en aquesta última part on es posa preu a totes les unitats amb la finalitat d'obtenir un valor final del cost del projecte. Constarà de pressupost parcial i total.

13 Bibliografía

CASTEJÓN, AGUSTÍN., SANTAMARÍA, GERMÁN. Tecnología eléctrica.
Editorial Mc graw hill. Madrid. 1997.

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. Reglamento
electrotécnico para baja tensión e instrucciones técnicas complementarias. REBT. Madrid.
2004.

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. Reglamento de
líneas eléctricas aéreas de alta tensión. RAT. Madrid. 1968.

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. Reglamento sobre
condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y
centros de transformación. RAT. Madrid. 1982.

UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA. Base de datos de Ingeniería. (<http://bdd.unizar.es/> , 20 de
junio de 2006)

14 Glossari

RAT: Reglament electrotècnic de línies aèries d'alta tensió

REBT: Reglament electrotècnic de baixa tensió

BOE: Butlletí oficial de l'estat

ITC: Instrucció tècnica complementària

CEI: Comitè electrotècnic internacional

BT: Baixa tensió

MT: Mitja tensió

AT: Alta tensió

CT: Centre de transformació

ICP: Interruptor de control de potència

ID: Interruptor diferencial

PIA: Magnetotèrmic

CGP: Caixa general de protecció

ANNEX A. CÀLCULS

A.1 Càlculs generals

A.1.2 Previsió de potència total

La potència total prevista serà la suma de les potències de totes les parcel·les, enllumenat viari, serveis i previsió de possibles ampliacions.

La suma de potències de les parcel·les té un valor total de 958000W.

La potència destinada a l'enllumenat té un valor de 24750W.

Es destinen 5kW per a serveis bàsics.

I com a possibles futures ampliacions, es tindran en conta 35kW mes.

La suma de total les potències parcials dóna un valor final de 1013kW.

A.1.2.1 Potència total de les parcel·les

La suma de potència total calculada per alimentar a totes les parcel·les té un valor total de 958000w. A continuació es detalla el valor contractat per cada parcel·la i la suma total.

Parcel·les	Potència contractada (kW)	Potència total(kW)
1,2,3,6,7,8,9,10,11,12,14,15,16,17,18,19,20,25,26,31,32,62,63,51,52,53,54,57,58,59,60,33,34,35,36,37,38,39,40,42,44,46	10	420
4,24,27,28,43,45,48	14	98
13,23,47,49	20	80
55,56,62,50	30	120
64,65,48,29,30,22	40	240
TOTAL:		958

Taula 13. Potències contractades i total

A.1.2.2 Potència total de l'enllumenat

La suma de potència total destinada a l'enllumenat serà de 24750W. Aquest valor es troba mes detallat en aquest annex a l'apartat A.6.4.1 on es realitzen tots els càlculs.

A.1.2.3 Potència prevista pels serveis bàsics

La suma de potència total prevista pels serveis serà de 5 kW.

Per determinar aquest valor es té en conta els consums als centres de transformació com per exemple en l'enllumenat interior i exterior d'aquests centres.

Donat que només hi ha petites càrregues, aquest valor és molt baix.

A.1.2.4 Potència prevista per possibles ampliacions

La potència total prevista per futures ampliacions o modificacions serà de 35 kW.

Per determinar aquest valor total s'ha previst possibles ampliacions de potència, o possibilitats d'ampliació de la zona edificada destinada a ús industrial.

A.2 Línia AT

A.2.1 Prescripcions sobre la línia AT

Es realitzaran els càlculs de tots els paràmetres de les línies d'alta tensió segons l'establert al reglament electrotècnic de baixa tensió i les fórmules matemàtiques existents.

A.2.2 Càlcul de secció de la línia AT

Els valors de les seccions per les línies d'alta tensió ja ve imposat per la companyia FECSA-ENDESA i té un valor com a mínim de 250mm² per les fases i de 160mm² pel neutre.

A partir d'aquest valor es verificarà que es compleixin les especificacions de la nostra línia per aquest conductor.

Es tindrà en conta la caiguda de tensió i l'intensitat màximes permeses en aquest tipus d'instal·lacions.

Encara que hi ha una part de la línia d'alta tensió que és soterrada, aquest aspecte no es té en conta donat que la secció del conductors ja ve imposada per la companyia i no cal calcular-la, només comprovaré que es compleixin les especificacions necessàries amb aquesta secció.

A.2.2.1 Càlcul de caiguda de tensió màxima

Segons l'establert a les NTP de FECSA-ENDESA, la caiguda de tensió haurà de no superior al 5% en les condicions de màxima càrrega.

Emprarem la següent formula:

$$S = \frac{\rho * L * Pa}{c.d.t * V^2} \quad (\text{eq. 1})$$

I sabent que:

$$Pa = \sqrt{3} * V * I * \cos \quad (\text{eq. 2})$$

Obtenim:

$$S = \frac{\sqrt{3} * \rho * L * I * \cos}{c.d.t * V} \quad (\text{eq. 3})$$

Si aïllem la caiguda de tensió obtenim:

$$c.d.t = \frac{\sqrt{3} * \rho * L * I * \cos}{S * V} \quad (\text{eq. 4})$$

On:

S= secció a calcular del conductor(mm²)

ρ = resistivitat del material($\Omega\text{mm}^2/\text{m}$)

L= Longitud del conductor(m)

P= Potència total de transport(KVA)

c.d.t = caiguda de tensió

V= tensió de la línia

Valors:

ρ = 0,035 $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$

L= 40 Km.

S=250mm²

V= 25kV.

Substituint els valors a la fórmula obtenim:

$$c.d.t = \frac{\sqrt{3} * 0,035 * 40000 * 23,16 * 0,85}{250 * 25000} = 7,63 * 10^{-3} = 0,76\% \quad (\text{eq. 5})$$

Com podem comprovar, la caiguda de tensió és inferior a 5%. En aquest cas el valor de tensió seria correcte.

A.2.2.2 Càlcul d'intensitat màxima

El corrent màxim d'aquesta instal·lació es determina a partir de la fórmula següent:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \cos} \quad (\text{eq. 6})$$

Com a potència màxima agafarem la suma de potències màximes que son capaços de donar tots els transformadors. Agafem aquest valor, pel futures ampliacions. Si algun dia s'edifiques tota la zona verda, d'aquesta manera no caldria tornar a dissenyar les línies d'alta tensió.

On:

InMAX= valor d'intensitat màxim en el cas que els transformadors treballessin a plena càrrega(A)

P= potència total dels transformadors(KVA)

U = tensió de transport (V)

Cosφ= factor de potència

Valors:

P= 1200KVA(3 transformadors x 400KVA)

U= 25kV

Cosφ=0,85

$$I_{nMAX} = \frac{1200000}{\sqrt{3} * 25000} = 27,71, A \quad (\text{eq. 7})$$

Al substituir els valors anteriors a la fórmula obtenim un valor d'intensitat màxima de 27,71A.

Calculem ara el valor d'intensitat màxima que és capaç de suportar un conductor de 250mm².

La següent taula mostra els valors de densitat per cada material i secció:

Sección nominal - mm ²	Densidad de corrientes - Amperios/ mm ²		
	Cobre	Aluminio	Aleación de aluminio
10	8,75		
15	7,60	6,00	5,60
25	6,35	5,00	4,65
35	5,75	4,55	4,25
50	5,10	4,00	3,70
70	4,50	3,55	3,30
95	4,05	3,20	3,00
125	3,70	2,90	2,70
160	3,40	2,70	2,50
200	3,20	2,50	2,30
250	2,90	2,30	2,15
300	2,75	2,15	2,00
400	2,50	1,95	1,80
500	2,30	1,80	1,70
600	2,10	1,65	1,55

Taula 14. Densitats dels conductors

Sabent ara que un conductor d'alumini de 250mm² de secció aguanta fins 2,30A/mm², calculem l'intensitat màxima segons la següent fórmula:

$$D = \frac{I}{S} \quad (\text{eq. 8})$$

Racionalitzant obtenim que:

$$I_{max} = D * S \quad (\text{eq. 9})$$

On:

d: densitat de corrent(A/mm²)

I_{max}: intensitat màxima(A)

S: secció del conductor(mm²)

Valors:

S: 250mm²

D= 2,30A/mm²

Substituïm i obtenim que:

$$I_{max} = 2,30 * 250 = 575A \quad (\text{eq. 10})$$

Aquest conductor pot suportar com a màxim 575A.

Donat que nosaltres hem obtingut un valor d'intensitat màxima de 32,6A, aquest conductor de 250mm² ja compleix les dues especificacions.

A.2.3 Resistència de línia

Per calcular la resistència de línia emprarem la següent fórmula:

$$R = \frac{L}{S} * \rho \quad (\text{eq. 11})$$

On:

R: resistència de la línia(Ω)

L: Longitud de la línia(m)

S: secció del conductor(mm²)

ρ: resistivitat del material(Ω/mm²/m)

Valors:

L:40000m

S: 250mm²

ρ:0,035 Ω/mm²/m

Substituïm els valors a la fórmula i obtenim:

$$R = \frac{40000}{240} * 0,035 = 5,83\Omega \quad (\text{eq. 12})$$

La línia d'alta tensió tindrà una resistència de 5,83Ω.

A.2.4 Reactància de la línia

Per calcular la reactància de línia emprarem la següent fórmula:

$$X = 2 * \pi * f * L \quad (\text{eq. 13})$$

On:

X: reactància(Ω)

L: coeficient d'autoinducció(Hr)

f: freqüència de línia(Hz)

Valors:

L: 0,02214H (obtingut al següent apartat)

f: 50Hz.

Substituïm els valors a la fórmula i obtenim:

$$X = 2 * \pi * 50 * 0,02214 = 6,95\Omega \quad (\text{eq. 14})$$

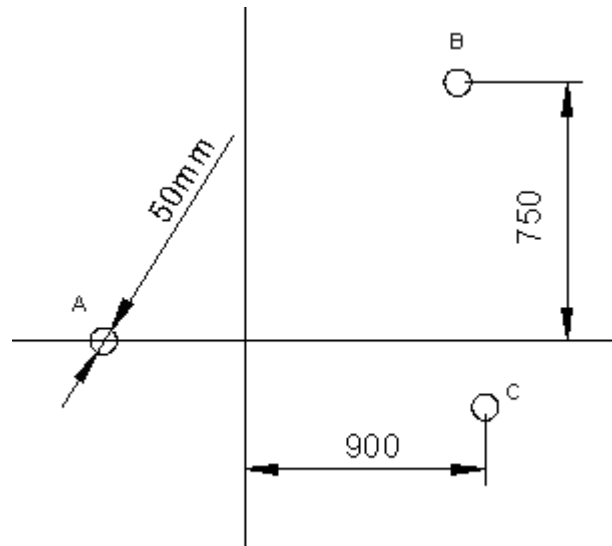
El valor total de la reactància de la línia és de 6,95 Ω.

A.2.5 Coeficient d'autoinducció

Aquest fenomen relaciona el flux (Φ) creat pel corrent i l'intensitat que circula pel conductor.

Per calcular el coeficient d'autoinducció primer necessitarem saber les distàncies mitges entre conductors.

El següent gràfic mostra la disposició dels nostres conductors:



Imatge 5. Disposició dels conductors

Segons les dades del gràfic i la següent fórmula obtenim l'inducció (L):

$$L = (0,5 + 4,6x) \log \frac{DMGM}{DMGP} * L * 10^{-4} \quad (\text{eq. 15})$$

On:

L= coeficient d'autoinducció(H/Km)

DMGM: distància mitja geomètrica mútua (mm)

DMGP: distància mitja geomètrica pròpia (mm)

L: longitud de línia(Km)

Valors:

DMGM:

Utilitzarem la següent fórmula:

$$DMGM = \sqrt{D_{ab} * D_{bc} * D_{ca}} \quad (\text{eq. 15})$$

Obtenim les següents dades del dibuix:

Dab=1500mm

Dbc=1250mm

Dca= 1350mm

$$DMGM = \sqrt{1500 * 1250 * 1350} = 1362,84\text{mm.} \quad (\text{eq. 17})$$

DMGP= diàmetre del conductor/2= 50/2=25mm.

L= 25Km(aéri)

$$L = (0,5 + 4,6) \times \log \frac{1362,84}{25} * 25 * 10^{-4} = 0,02214\text{H} \quad (\text{eq. 18})$$

El coeficient d'autoinducció té un valor de 0,02214H.

A.2.6 Tensions

En aquest apartat no hem de realitzar cap càlcul. Sabem que la línia d'alta tensió transporta un corrent de 25kV.

A.2.6.1 Caiguda de tensió

Segons l'establert a les NTP de FECSA-ENDESA, la caiguda de tensió haurà de no superior al 5% en les condicions de màxima càrrega.

Per calcular la caiguda de tensió, calcularem primer el tant per cent màxim permès:

$$cdt = \frac{xV}{100} \quad (\text{eq. 19})$$

On:

X: tant per cent de cdt

Cdt: caiguda de tensió(V)

V: tensió de la línia(V)

Valors:

X: 5%

V: 25kV

Substituïm els valors a la fórmula i obtenim:

$$c_{dt} = \frac{5 * 25000}{100} = 1250V \quad (\text{eq. 20})$$

Un 5% de 25kV té un valor de 1250V.

Calculem ara la caiguda de tensió real de la línia. Emprarem la següent fórmula:

$$c_{dt} = \sqrt{3} * I * (R * \cos \phi + X * \sin \phi) \quad (\text{eq. 21})$$

On:

R: resistència de la línia(Ω)

X: reactància de la línia(Ω)

c_{dt}: caiguda de tensió(V)

I: intensitat nominal(A)(calculat mes endavant)

Cos ϕ = factor de potència

Valors:

R: 5,83 Ω

X= 6,95 Ω

I: 27,52A(calculat mes endavant)

Sen ϕ =0,6

Cos ϕ =0,8

Substituïm els valors a la fórmula i obtenim:

$$c_{dt} = \sqrt{3} * 27,52 * (5,83 * 0,8 + 6,95 * 0,6) = 421,24V \quad (\text{eq. 22})$$

Hem obtingut una caiguda de tensió de 421,24V i aquest valor és un 1,68% del total de la tensió de transport de la línia d'alta tensió.

Es compleixen les especificacions.

A.2.7 Intensitats

A.2.7.1 Intensitat nominal

El corrent nominal d'aquesta instal·lació es determina a partir de l'equació 6 detallada amb anterioritat.

Valors:

P= 1013kW

U= 25kV

$$I_n = \frac{1013000}{\sqrt{3} * 25000 * 0,85} = 27,52A \quad (\text{eq. 23})$$

Al substituir els valors anteriors a la fórmula obtenim un valor d'intensitat nominal de 27,52A. Aquest valor serà el d'intensitat màxima de transport.

A.2.7.2 Intensitat de curtcircuit

La companyia estableix un valor màxim de Scc= 500MVA per una línia que transporti 25kV. Amb un temps màxim de desconexió del defecte de 1ms.

Pel càlcul de l'intensitat de curtcircuit utilitzarem la següent fórmula:

$$I_{cc} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} * U} \quad (\text{eq. 24})$$

On:

I_{cc}: intensitat de curtcircuit(A)

S_{cc}: potència de curtcircuit(MVA)

U: tensió de transport(kV)

Valors:

S_{cc}: 500MVA

U: 25kV

$$I_{cc} = \frac{500}{\sqrt{3} * 25} = 11,55kA \quad (\text{eq. 25})$$

Al substituir els valors anteriors a la fórmula obtenim un valor d'intensitat de curtcircuit de 11,55kA.

A.2.8 Densitat de corrent

Determinarem la densitat de corrent amb l'equació x detallada amb anterioritat.

Valors:

I: 27,52A

S: 250mm²

$$D = \frac{27,52}{250} = 0,11A / mm^2 \quad (\text{eq. 26})$$

El valor final de la densitat és de 0,11A/mm²

Aquest valor de la densitat ens servirà per saber si el conductor emprat aguantarà el límit tèrmic.

La taula 12 descrita al projecte, ens diu la densitat màxima que poden suportar els conductors.

Segons aquesta taula del reglament electrotècnic de baixa tensió, per un conductor d'alumini de 250 mm² de secció correspon a una densitat màxima de 2,30 A/mm². Aquest valor ja es correcte per que el valor de la nostra instal·lació està molt per sota d'aquest valor.

A.2.9 Potències

A.2.9.1 Potència nominal

A l'inici de l'annex del present projecte ja s'ha comentat que la potència nominal tindrà un valor de 1013kW.

A.2.9.2 Potència aparent

Pel càlcul de la potència aparent utilitzarem la fórmula següent:

$$S = \frac{P}{\cos} \quad (\text{eq. 27})$$

On:

S: Potència aparent(kVA)

P: Potència activa (kW)

Cosφ: factor de potència

Valors:

P: 1012,9kW

Cosφ: 0,85

$$S = \frac{1012,9}{0,85} = 1191,65\text{KVA} \quad (\text{eq. 28})$$

La potència aparent té un valor de 1191,65KVA.

A.2.9.3 Potència de curtcircuit

La companyia estableix un valor màxim de $S_{cc} = 500\text{MVA}$ per una línia que transporti 25kV.

Amb un temps màxim de desconexió del defecte de 1ms.

A.2.10 Perdues per efecte joule

Per calcular la pèrdua de potencia per efecte joule utilitzarem la següent fórmula:

$$P_p = 3 \cdot R \cdot I^2 \quad (\text{eq. 29})$$

On:

Pp: Pèrdues per efecte joule(W)

R: Resistència de la línia(Ω)

I: Intensitat de línia(A)

Valors:

R: 5,83 Ω

I: 27,52A

Substituïm els valors a la formula i obtenim:

$$P_p = 3 \cdot 5,83 \cdot 27,52^2 = 13246,06W \quad (\text{eq. 30})$$

Hem obtingut una potència de pèrdues per efecte joule de 13246,06W.

A.2.11 Rendiment de la línia

Per calcular el rendiment de la línia d'alta tensió calcularem la relació entre les pèrdues i la potència total:

$$\eta = \frac{P - P_p}{P} * 100 \quad (\text{eq. 31})$$

On:

Pp: pèrdues de potència

P: potència total

η : rendiment (%)

Valors:

Pp: 13246,06W

P: 1012,9KVA

$$\eta = \frac{1012900 - 13246,06}{1012900} * 100 = 98,69\% \quad (\text{eq. 32})$$

He obtingut un valor de 98,69%.

A.2.12 Suports. Càlculs

La distància màxima de la línia d'alta tensió aèria, és de 25Km.

Haurem de col·locar un suport cada 200 o 300 metres per que aquestes línies tenen una longitud llarga.

He decidit col·locar un suport cada 300m tenint en conta el primer i l'últim suport. Amb aquesta suposició tindrem un total de 84 suports al llarg de tota la línia aèria d'alta tensió.

Al tenir 84 suports, tindrem 83 vanos(espai entre dos suports).

Segons el reglament de línies elèctriques d'alta tensió a l'article 12 s'estableixen unes hipòtesis a l'hora de calcular els suports.

Aquestes hipòtesis són les següents:

Càrregues permanents

Acció del vent

Hipòtesis del gel

Aquesta darrera hipòtesis no la tindrè en conta donat que el reglament d'alta tensió diu que només cal tenir-la en conta en casos on es superin els 500 metres d'altura.

A més a més també es tindran en conta les distàncies de seguretat a l'hora d'escollir un tipus de suport. Aquestes distàncies també es calculen a continuació.

A.2.12.1 Càrregues permanents

El pes de les càrregues permanents ho trobarem sumant els propi pes dels conductors i el de les cadenes de fixació.

Pes dels conductors:

$$P_c = n \cdot p \cdot a_g \quad (\text{eq. 33})$$

On:

Pc: pes del conductors

n: nº de conductors

p: pes dels conductors per metre lineal(Kg/m)

ag: longitud del gravivià

Valors:

n: 3 conductors

p: 975Kg/Km

ag= 25Km/83 vanos= 301,20m

Substituïm els valors i obtenim:

$$P_c = 3 \cdot 0,975 \text{Kg/m} \cdot 301,20 = 881,02 \text{Kg} \quad (\text{eq. 34})$$

Cadenes de fixació:

El pes d'una cadena de fixació s'obté realitzant les sumes dels pesos de tots els elements que la componen:

3 aïlladors de vidre = $3 \times 2 \text{Kg} = 6 \text{Kg}$

3 grapes de fixació = $3 \times 1 \text{Kg} = 3 \text{Kg}$

3 forquilles de bola = $3 \times 0,50 \text{Kg} = 1,50 \text{Kg}$

3 ròtules llargues = $3 \times 0,50 \text{Kg} = 1,50 \text{Kg}$

Pes total d'una cadena de fixació: 12Kg.

La càrrega permanent que ha de suportar cada suport és la suma dels pesos dels conductors i els de les cadenes de fixació:

Pes total = $881,02 + 12 = 893,02 \text{Kg}$.

A.2.12.2 Càrrega inicial del conductor

Aquest valor ens serà útil a l'hora de trobar la fletxa dels conductors amb les equacions de canvi de condicions. L'anomenarem P_1 .

$$P_1 = \sqrt{p^2 + pv^2} \quad (\text{eq. 35})$$

On:

P_1 : Pes inicial del conductor(Kg)

p: Pes del conductor(Kg)

pv: Força del vent(Kg/m)

Valors:

p: 0,975Kg/m(segons fabricant)

pv: $60\text{Kg/m}^2 * 0,0218 = 1,308\text{Kg/m}$ (segons el RAT la sobrecàrrega del vent serà de 60 Kg/m² i es multiplica per la longitud de la cadena de ferratges)

Substituïm i obtenim un valor per la càrrega inicial de:

$$P_1 = \sqrt{0,975^2 + 1,308^2} = 1,6314\text{Kg/m} \quad (\text{eq. 36})$$

A.2.12.3 Esforç del vent en direcció perpendicular a la línia

En aquest apartat hem de calcular l'acció del vent sobre els conductors i sobre l'estructura metàl·lica.

Esforç sobre els conductors

Utilitzarem la següent fórmula:

$$F_c = n * P_v * d * A_g \quad (\text{eq. 37})$$

On:

Fc: força sobre els conductors(Kg)

n: nº de conductors

Pv: pressió del vent

d: diàmetre del conductor(mm)

Ag: gravità

Valors:

n: 3 conductors

Pv: Segons el RAT agafem uns 50Kg/m² per un diàmetre del conductor superior a 16mm²

D: 21,8mm

Ag: 301,20m

Substituïm i obtenim:

$$F_c = 3 * 50 * 0,0218 * 301,2 = 984,924\text{Kg.} \quad (\text{eq. 38})$$

Esforç sobre l'estructura metàl·lica

Segons l'article 16 del REAT:

$$P_v = 160(1 - \eta) \text{ [Kg/m}^2\text{]} \quad (\text{eq. 39})$$

On:

η = coeficient d'opacitat. Relació entre la superfície de l'estructura i la seva silueta.

Segons fabricant $\eta = 0,65$. Segons el RAT, quan aquest valor és superior a 0,5, s'agafa $\eta = 0,5$ en comptes del valor del fabricant.

$$P_v = 160(1 - 0,5) = 80\text{Kg/m}^2$$

L'esforç del vent sobre l'estructura serà:

$$F_v = P_v * S \quad (\text{eq. 40})$$

On:

S: superfície de l'estructura del suport

Segons el fabricant $S = 12\text{m}^2$

Substituïm i obtenim que:

$$F_v = 80 \cdot 12 = 960\text{Kg.} \quad (\text{eq. 41})$$

A.2.13 Distàncies de seguretat

La línia d'alta tensió haurà de complir una sèrie de requisits sobre les distàncies dels conductors i elements de subjecció.

Segons l'article 25 del reglament electrotècnic d'alta tensió definirem i calcularem aquestes distàncies.

A.2.13.1 Altura dels conductors

La distància entre els conductors ha de ser la que amb la fletxa vertical màxima dels conductors, quedi per sobre de qualsevol element com a mínim una distància determinada per la següent fórmula:

$$D_h = 15,3 + U/150 \quad (\text{eq. 42})$$

On:

D_h : altura mínima dels conductors(m)

U : tensió nominal(kV)

Valors:

$U = 25\text{kV}$

Substituïm aquest valor a la fórmula i obtenim:

$$D_h = 15,3 + 25/150 = 15,48\text{m.} \quad (\text{eq. 43})$$

S'adoptarà una distància mínima de 16m.

Aquesta distància de 6m no serà constant donat que la línia és recta i el terreny pot variar per diverses raons.

A.2.13.2 Distàncies entre conductors

La distància entre conductors sotmesos a tensió mecànica ha de ser tal que no es provoquin curtcircuits entre fases ni entre fases i terra.

Aquestes distàncies son necessàries degudes a les possibles oscil·lacions dels conductors a l'aire.

Determinarem la distància segons la següent formula:

$$D_c = K \sqrt{F * L * \frac{U}{150}} \quad (\text{eq. 44})$$

On:

Dc: distància entre conductors(m)

K: coeficient d'oscil·lació del vent

F: fletxa màxima(m)

L: longitud de cadena de fixació(m)

U: tensió de la línia(kV)

Primer calcularem el coeficient K. Hem de saber l'angle d'oscil·lació dels conductors.

Obtenim l'angle amb la següent fórmula:

$$\text{tg}\alpha = \frac{F_v}{P} \quad (\text{eq. 45})$$

On:

Fv: força del vent

P: pes del conductor(Kg)

Valors:

Fv: $F_v = \text{pes del conductor} \times \text{longitud de la cadena de fixació (aïlladors mes ferratges)} = 50 \text{Kg/m}^2 \cdot 0,0218 \text{Km} = 1,09 \text{Kg/m}$

P: $975 \text{Kg/Km} = 0,975 \text{Kg/m}$

Obtenim:

$$\text{tg} \alpha = \frac{1,09 \text{kg/m}}{0,975 \text{kg/m}} = 1,118 \quad (\text{eq. 46})$$

D'on obtenim que $\alpha = 48,18^\circ$

Angulo de oscilación	Lineas de 1ª y 2ª categoría	Lineas de 3ª categoría
Superior a 65°	0,7	0,65
Comprendido entre 40° y 65°	0,65	0,6
Inferior a 40°	0,6	0,55

Taula 15. Valors de K

Segons l'article 25 del REAT per un angle $\alpha = 48,18^\circ$ i una línia de 3a categoria, el coeficient K és igual a 0,6.

Tornant a l'expressió anterior:

Valors:

K: 0,6

F (obtingut me endavant) = 0,609

L: 0,7m. (longitud de l'aïllador mes els ferratges)

U: 25kV

Substituïm i obtenim:

$$D_c = 0,6 \sqrt{0,609 * 0,7 * \frac{25}{150}} = 0,16\text{m} = 16\text{cm} \quad (\text{eq. 47})$$

La distància mínima entre conductors serà de 16 cm.

A.2.13.3 Distàncies entre conductors i suports

La distància entre els conductors i els suports serà aquella a la qual no hi hagi perill de curtcircuits entre ells.

Utilitzarem la fórmula:

$$D_{cs} = 0,1 + U/150 \quad (\text{eq. 48})$$

On:

D_{cs} : distància entre conductors i suports(m)

U Tensió nominal de la línia(V)

Valors:

U=25kV

Substituint a la fórmula obtenim:

$$D_{cs} = 0,1 + 25/150 = 0,27\text{m} = 27\text{cm} \quad (\text{eq. 49})$$

La distància entre conductors i suports no serà inferior a 27cm.

A.2.13.4 Tensió màxima de treball

Per trobar la tensió màxima de treball dels conductors emprarem la següent fórmula:

$$T = \frac{\frac{C_r}{S}}{C_{fs}} \quad (\text{eq. 50})$$

On:

T: Tensió màxima de treball dels conductors(Kg)

Cr: Càrrega de ruptura(Kg/mm²)

S: Secció del conductor(mm²)

Cfs: Coeficient de seguretat

Valors:

Cr= 25 fils d'alumini x 30 Kg/mm² + 30 fils d'acer x 133 Kg/mm²= 4740 Kg/mm²

S: 240mm²

Cfs: 2,5 segons el RAT

Substituïm aquests valors a la fórmula i obtenim que:

$$T = \frac{4740}{\frac{240}{2,5}} = 7,9\text{Kg} \quad (\text{eq. 51})$$

Obtenim una tensió de 7,9 Kg.

A.2.13.5 Càlcul de la tensió a l'estesa

La tensió calculada a l'apartat anterior pot variar segons les condicions climatològiques.

Mitjançant l'equació de canvi de condicions i partint dels esforços màxims admissibles pel RAT es podrà calcular la tensió real del conductor i la fletxa màxima.

L'equació de canvi de condicions correspon a la següent paràbola:

$$T^2 \cdot (T+A) = B \quad (\text{eq. 52})$$

On A i B són:

$$A = -T_2 + E \cdot \alpha \cdot (\theta_2 - \theta_1) + \frac{E \cdot a^2 \cdot P_1^2}{24 \cdot T_1^2} \quad (\text{eq. 53})$$

$$B = \frac{E * a^2}{24} * P_2^2 \quad (\text{eq. 54})$$

On:

T_1 : Tensió mecànica inicial del conductor (Kg/mm²)

T_2 : Tensió mecànica final del conductor (Kg/mm²)

E: Mòdul d'elasticitat (Kg/mm²)

α : Coeficient de dilatació del conductor (°C⁻²)

θ_1 : Temperatura inicial del conductor (°C)

θ_2 : Temperatura final del conductor (°C)

a: Longitud del vano (m)

P_1 : Càrrega inicial del conductor (Kg/mm²)

P_2 : Càrrega final del conductor (Kg/mm²)

Valors:

Segons el RAT, els valors inicials de l'equació corresponen a l'hipòtesi de conductors sotmesos al seu propi pes i a una sobrecàrrega del vent de 60 Kg/mm² a una temperatura de -5°C.

T_1 : 7,9Kg/mm²

T_2 : 7,9Kg/mm²

E: 6.500Kg/mm²

α : $23 * 10^{-6} \text{ °C}^{-2}$

θ_1 : -5°C

a: 301,20m

P_1 : 1,6314Kg/m = 0,00517Kg/mm²

P_2 : 0,0982Kg/mm²

Substituint els valors a les fórmules obtenim que els valors de A i B són:

$$A = -7,9 + 6.500 * 23 * 10^{-6} * (\theta_2 + 5) + \frac{6.500 * 301,2^2 * 0,00517^2}{24 * 7,9^2} = \quad (\text{eq. 55})$$

$$A = 0,1495 * (\theta_2 + 5) + 2,63 \quad (\text{eq. 56})$$

$$B = \frac{6.500 * 301,2^2}{24} * 0,0982^2 = 236.938,16 \quad (\text{eq. 57})$$

Ara, amb els valors de A i B, l'equació de canvi de condicions serà:

$$T^2 * (T + 0,46 * (\theta_2 + 5) + 24,47) = 236.938,16 \quad (\text{eq. 58})$$

Ara amb aquesta equació podem aconseguir una taula on es relacionarà la temperatura i la tensió en cada cas. El valor de tensió de la taula està multiplicat per la secció del conductor.

T(°C)	0	5	10	15	20	50
T(Kg)	13.129,12	12854,7	12718,83	12.588,44	12.461,09	11.755,85

Taula 16. Valors de tensió en funció de la temperatura

A.2.13.6 Càlcul de la fletxa dels conductors:

Per calcular altres distàncies de seguretat, necessitarem saber les fletxes màximes del conductors.

Segons el reglament de línies aèries, s'estableixen tres hipòtesis a l'hora de calcular les fletxes màximes dels conductors. Una d'aquestes hipòtesis no la tindrem en conta donat que és l'hipòtesi del gel i a la nostra zona aquest element no es molt determinatiu.

1a. Hipòtesis del vent:

Conductors sotmesos a l'acció del seu propi pes i amb una sobrecàrrega de vent de 60Kg/m² a 15° C de temperatura.

2a. Hipòtesis de temperatura:

Sotmesos a l'acció del seu propi pes i amb una temperatura de 50° C.

Trobarem les fletxes a partir de la següent fórmula:

$$F = \frac{a^2 * P1}{8 * T} \quad (\text{eq. 59})$$

On:

F: fletxa màxima(m)

a: longitud del vano(m)

p1: càrrega del conductor(Kg)

T: tensió del conductor(Kg)

Calcularem el valor de les fletxes de la conductors segons les equacions que marca la normativa RAT:

1a. Hipòtesis del vent:

Dels tres conductors, tots tres tenen el mateix pes, vano i angle θ , per tant el valor de la tensió i la fletxa serà el mateix.

$\theta = 15^\circ \text{ C}$ (segons el RAT per l'equació del vent)

$P_v = 50 \text{ Kg/Km}$ (sobrecàrrega del vent)

Mirant la taula 16 veiem que $T = 12.588,44 \text{ Kg}$ per a 15° C .

Càlcul de les fletxes dels tres conductors:

Utilitzarem la formula descrita abans:

Conductor A, B i C:

$$F = (a^2 \cdot P_1) / 8T = (301,2^2 \cdot 0,6314) / 8 \cdot 12.588,44 = 0,5687 \text{ m} \quad (\text{eq. 60})$$

2a. Hipòtesis de temperatura:

$\theta = 50^\circ \text{ C}$ (segons el RAT per l'hipòtesis de temperatura)

Obtenim que $T = 11.755,85 \text{ Kg}$

La fletxa tindrà un valor de:

$$F = (a^2 \cdot P_1) / 8T = (301,2^2 \cdot 0,6314) / 8 \cdot 11.755,85 = 0,609 \text{ m} \quad (\text{eq. 61})$$

Els valors trobats de les fletxes màximes dels conductors tenint en conta les dues hipòtesis són les següents:

Conductor A: 0,609m

Conductor B: 0,609m

Conductor C: 0,609m

A.3 Aïlladors

Per a determinar els aïlladors a instal·lar, realitzarem càlculs elèctrics i mecànics per tenir en conta tots els aspectes.

Segons el reglament d'alta tensió, la línia d'alta tensió queda classificada a la 3^a categoria com ja s'ha explicat a l'apartat 1.4.2 de la memòria.

A.3.1 Nivells d'aïllament

El RAT defineix el nivell d'aïllament segons la zona:

Zonas	Niveles de aislamiento
Forestales y agrícolas	De 1,7 a 2 cm/kV
Industriales y próximas al mar	De 2,2 a 2,5 cm/kV
Industriales y muy próximas al mar	De 2,6 a 3,2 cm/kV
Industriales y muy próximas al mar con fabricas de cemento, productos quimicos, centrales térmicas, etc.	Superior a 3,5 cm / kV

Taula 17. nivells d'aïllament de les línies

Donat que la línia AT passa per camps i zones boscoses, el nivell d'aïllament necessari serà de 1,7 a 2cm/kV.

A.3.2 Càlcul elèctric

Trobem el número d'aïlladors segons la següent formula:

$$n = \frac{Nia * Ume}{Lfe} \quad (\text{eq. 62})$$

On:

n: nº aïlladors

Nia: nivell d'aïllament

Ume: Tensió mes elevada de la línia(kV)

Lfe: longitud escollida de la línia de fuga(cm)

Valors:

Nia: 1,8

Ume: 30kV(dada de la taula 1.4.2.1 de la memòria)

Lfe: 630mm(aïllador escollit)

$$n = \frac{1,8 * 30}{63} = 0,85 \quad (\text{eq. 63})$$

He obtingut un valor de 0,85, i ho arrodoniré a 1 aïllador per cada conductor al pas per un suport.

A.3.3 Càlcul mecànic

El RAT diu que el coeficient no ha de ser inferior a 3, per tant ens basarem en aquesta suposició a l'hora de realitzar els càlculs.

A.3.3.1 Cadenes de suspensió

Càrregues que interfereixen als aïlladors:

Pes de una fase(Vano de 800m de longitud): pes conductor * 800=0,975*800= 780Kg

Pes d'un aïllador = 3,65Kg

Aproximació del pes d'altres elements(cargols, suports...): 62Kg

Pes total: 845,65 Kg

De tots els elements que componen les cadenes de suspensió, el que tindrà menor càrrega de ruptura serà l'aïllador amb una càrrega de ruptura de 10146Kg(valor comercial).

Pes del conductor: 975Kg/Km

Diàmetre del conductor: de 21,5mm

Tmax=150Kg(calculat a l'apartat 1.9.9.1.3.3)

Segons el reglament, el valor de la tensió serà del 50%.

50% de 150= 75Kg

El valor del coeficient de seguretat màxima serà:

$$\frac{10146}{75} = 135,2 > 3 \quad (\text{eq. 64})$$

En aquest cas es supera el coeficient tal i com marca la normativa.

A.3.3.2 Cadena de subjecció

Càrregues que actuen fent força als aïlladors:

Pes de una fase(Vano de 800m de longitud): pes conductor * 800=0,975*800=780Kg

Pes d'un aïllador: 3,65

Aproximació del pes d'altres elements(cargols, suports...): 62Kg

Pes total: 845,65 Kg

De tots els elements que componen les cadenes de suspensió, el que tindrà menor càrrega de ruptura serà l'aïllador amb una càrrega de ruptura de 10146Kg(valor comercial tret del catàleg).

$$\frac{10146}{845,65} = 11,99 > 3 \quad (\text{eq. 65})$$

En aquest cas s'obté un valor de 11,99 i també es supera el coeficient tal i com marca la normativa RAT.

A.3.4 Conclusions del càlcul dels aïlladors

Com hem pogut comprovar en els dos càlculs realitzats, es supera el valor de 3 del coeficient amb un únic suport.

A.4 Línia BT

A.4.1 Xarxa de línies

Dels tres centres de transformació surten 5 línies les quals alimentaran a totes les parcel·les del polígon.

Les següents taules mostren les parcel·les que alimenten cada línia:

CT1	Línia A	50,51,52,53,54,55,56,57,58,59,60,61,62,63,65,64
CT2	Línia B	33,34,35,36,37,38,39,40,41,42,43,44,45,46,47,48,49
	Línia C	27,28,29,30,31,32
CT3	Línia D	15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26
	Línia E	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14

Taula 18. Parcel·les que alimenta cada línia

A.4.2 Tensions

Les tensions de fase i línia de les línies de baixa tensió seran les següents:

Tensió entre fases: 230V

Tensió entre fases i neutre: 400V

A.4.3 Potència total de transport

La potència total de transport serà la suma de potències contractades pels abonats de les parcel·les.

Aquest valor s'ha calculat amb anterioritat a l'apartat A.1.2.1 i suma un total de 958000W.

A.4.3.1 Potència total per línies

La següent taula mostra la suma de potències de cadascuna de les parcel·les que alimenta cada línia:

CT	Línia	Parcel·les	Potència total per línia
CT1	Línia A	50,51,52,53,54,55,56,57,58,59,60,61,62,63,65,64	270000W
CT2	Línia B	33,34,35,36,37,38,39,40,41,42,43,44,45,46,47,48,49	192000W
	Línia C	27,28,29,30,31,32	128000W
CT3	Línia D	15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26	168000W
	Línia E	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14	148000W

Taula 19. Potències totals de cada línia

A.4.4 Intensitats nominals de cada línia de baixa tensió

El càlcul de les intensitats nominals el realitzarem a partir de l'equació 6.

Calcularé ara la intensitat nominal de cada parcel·la en funció de la potència contractada.

La següent taula mostra els resultats de cada parcel·la

Parcel·les	Potència contractada(kW)	In per potència contractada(A)
1,2,3,6,7,8,9,10,11,12,14,15,16, 17,18,19,20,25,26,31,32,62,63, 51,52,53,54,57,58,59,60,33,34, 35,36,37,38,39,40,42,44,46	12	21,65
4,24,27,28,43,45,48	16,8	30,31
13,23,47,49	24	43,3
55,56,57,50	36	64,95
64,65,48,29,30,22	48	86,6

Taula 20. Potència e intensitat de les parcel·les

A.4.5 Intensitats nominals per línies

La següent taula mostra les intensitats nominals de cada línia.

Per calcular-les, s'ha emprat el mateix mètode utilitzat pel càlcul de l'intensitat nominal total.

CT	Línia	Potència total per línia	Intensitats nominals
CT1	Línia A	270000W	487,14A
CT2	Línia B	192000W	346,41A
	Línia C	128000W	230,94A
CT3	Línia D	168000W	303,1A
	Línia E	148000W	267,02A

Taula 21. Intensitats nominals per cada línia

A.4.6 Seccions dels conductors

La secció dels conductors de les cinc línies es farà a partir de les caigudes de tensió.

La caiguda de tensió no haurà de ser superior al 5% de la tensió de línia.

$$5\% \text{ de } 400V = 20V$$

Per calcular la secció dels conductors emprarem la següent fórmula:

$$S = \frac{1}{\Delta U * u * K_{cu}} * \sum (L_i * P_i) \quad (\text{eq. 66})$$

On:

S= secció a calcular del conductor(mm²)

ΔU= caiguda de tensió

u= tensió de la línia

K_{cu}= conductivitat del coure

L_i = distància del transformador a l'armari

P_i = potència de cada parcel·la

Valors:

$$\Delta U = 20$$

$$u = 380V.$$

$$K_{cu} = 56$$

L_i = variable segons línies

P_i = variable segons línies

Línia A:

$$\begin{aligned} \Sigma(L_i \cdot P_i) = & [(200 \cdot 40000) + (225 \cdot 40000) + (241 \cdot 10000) + (260 \cdot 10000) + (4 \cdot 10000) + (15 \cdot 10000) + \\ & (17 \cdot 10000) + (30 \cdot 10000) + (41 \cdot 30000) + (54 \cdot 30000) + (63 \cdot 10000) + (80 \cdot 30000) + (90 \cdot 10000) + \\ & (112 \cdot 10000) + (123 \cdot 10000)] = 31800000 \end{aligned} \quad (\text{eq. 67})$$

Substituint els valors a la fórmula detallada a l'inici d'aquest apartat i obtenim:

$$S = 74,71 \text{ mm}^2$$

Agafarem una secció normalitzada de 95 mm².

Línia B:

$$\begin{aligned} \Sigma(L_i \cdot P_i) = & [(18 \cdot 10000) + (20 \cdot 10000) + (77 \cdot 10000) + (38 \cdot 10000) + (42 \cdot 10000) + (46 \cdot 10000) + \\ & (50 \cdot 10000) + (60 \cdot 10000) + (66 \cdot 14000) + (70 \cdot 30000) + (74 \cdot 10000) + (80 \cdot 10000) + (85 \cdot 14000) + \\ & (92 \cdot 10000) + (100 \cdot 14000) + (107 \cdot 10000)] = 12570000 \end{aligned} \quad (\text{eq. 68})$$

Substituint els valors a la fórmula detallada a l'inici d'aquest apartat i obtenim:

$$S = 29,53 \text{ mm}^2$$

Agafarem una secció normalitzada de 35 mm².

Línia C:

$$\begin{aligned} \Sigma(L_i \cdot P_i) = & [(20 \cdot 10000) + (38 \cdot 10000) + (58 \cdot 40000) + (79 \cdot 40000) + (95 \cdot 14000) + (110 \cdot 14000)] = \\ & 8930000 \end{aligned} \quad (\text{eq. 69})$$

Substituint els valors a la fórmula detallada a l'inici d'aquest apartat i obtenim:

$$S = 20,98 \text{ mm}^2$$

Agafarem una secció normalitzada de 25 mm².

Línia D:

$$\Sigma(Li \cdot Pi) = [(85 \cdot 10000) + (92 \cdot 10000) + (104 \cdot 40000) + (122 \cdot 20000) + (138 \cdot 14000) + (150 \cdot 10000) + (160 \cdot 10000) + (186 \cdot 10000) + (192 \cdot 10000) + (199 \cdot 10000) + (205 \cdot 10000) + (219 \cdot 14000)] = 23412000 \quad (\text{eq. 70})$$

Substituint els valors a la fórmula detallada a l'inici d'aquest apartat i obtenim:

$$S = 55,01 \text{ mm}^2$$

Agafarem una secció normalitzada de 70 mm².

Línia E:

$$\Sigma(Li \cdot Pi) = [(50 \cdot 10000) + (48 \cdot 10000) + (30 \cdot 10000) + (28 \cdot 14000) + (20 \cdot 14000) + (29 \cdot 10000) + (35 \cdot 10000) + (55 \cdot 10000) + (70 \cdot 10000) + (80 \cdot 10000) + (92 \cdot 10000) + (110 \cdot 20000) + (115 \cdot 10000)] = 8822000 \quad (\text{eq. 71})$$

Substituint els valors a la fórmula detallada a l'inici d'aquest apartat i obtenim:

$$S = 20,72 \text{ mm}^2$$

Agafarem una secció normalitzada de 25 mm².

La següent taula mostra la secció de totes les línies:

Línia	Secció
Línia A	95 mm ²
Línia B	35 mm ²
Línia C	25 mm ²
Línia D	70 mm ²
Línia E	25 mm ²

Taula 22. Seccions de les línies

A.4.6.1 Secció dels neutres

Segons el reglament electrotècnic de baixa tensió, per línies trifàsiques de 3 fases i neutre, si els conductors de fase tenen una secció superior a 10 mm², la secció del neutre serà la meitat del conductor de fase.

Per tant, els valors dels neutres són els següents:

Línia	Secció FASE	Secció NEUTRE
Línia A	95 mm ²	50 mm ²
Línia B	35 mm ²	16 mm ²
Línia C	25 mm ²	16 mm ²
Línia D	70 mm ²	35 mm ²
Línia E	25 mm ²	16 mm ²

Taula 23. Seccions de fase i neutre

A.5 Centres de transformació

A.5.1 Càlcul del número de centres de transformació

Aquest càlcul es realitza segons la normativa vigent.

Segons la superfície del polígon i la potència total calculada i a partir de la següent taula es determinarà el número de centres de transformació necessaris a la zona.

Densitat de potència (kW/Ha)	Potència dels transformadors(KVA)	Nº de centres de transformació
≤50	250	P/250
De 50 a 100	400	P/400
≥100	2 de 400 com a mínim	P/600

Taula 24. relació densitat, potències i numero de centres de transformació.

La potència total calculada a l'inici de l'annex té un valor de 1013kW.

La superfície total del nostre polígon és de 40.049 m² el que equival a 4 Ha.

Dividint la potència total entre les hectàrees obtenim la densitat de potència que té un valor de $1013/4= 253,25\text{kW}/\text{Ha}$.

A partir d'aquí obtenim la potència dels transformadors, la qual serà de 400 KVA cadascun.

Sabent la potència total calculada i dividint-la entre 600 obtenim:

$$P/600= 1013/600= 1,69$$

Ens surt 1,69 i encara que la quantitat correcta de centres de transformació és de 2, escollirem 3 centres amb la finalitat de repartir l'alimentació de les parcel·les i com a previsió sobre futures ampliacions i edificació de la zona verda contigua al polígon

A.5.2 Generalitats dels centres de transformació

Centre de transformació 1

Potència enllumenat: 3750w

Potència total de les naus: 180000w

Potència activa(P):183750w

Potència reactiva(Q): 113878,021VAR

Potència aparent(S):216176,47VA

Centre de transformació 2

Potència enllumenat: 4500w

Potència total de les naus: 296000w

Potència activa(P):300500w

Potència reactiva(Q): 186232,93VAR

Potència aparent(S): 353529,41VA

Centre de transformació 3

Potència enllumenat: 5500w

Potència total de les naus: 344000w

Potència activa(P): 349500w

Potència reactiva(Q): 216600,64VAR

Potència aparent(S): 411176,47 VA

A.5.3 Posta a terra dels centres de transformació

Com a previsió contra algun defecte a la línia d'alta tensió o als centres de transformació que puguin provocar desperfectes a les instal·lacions, els electrodes de posta a terra han de tenir un efecte limitador de tal forma que la tensió de defecte (Vd) sigui inferior a 8000V.

Aquests 8000V són el nivell d'aïllament de les instal·lacions de baixa tensió dels centres de transformació.

Per tant:

$$Vd = I_t \times R_t \leq 8000V \quad (\text{eq. 72})$$

Calculem ara la tensió de defecte del transformador:

$$I_t = \frac{V}{\sqrt{3}(\sqrt{(R_n + R_t)^2 + X_n^2})} \quad (\text{eq. 73})$$

On:

I_t : Intensitat de defecte(A)

R_n : Resistència de posta a terra del neutre(Ω)

R_t : Resistència de posta a de protecció del centre de transformació(Ω)

X_n : Reactància de posta a terra del neutre(Ω)

V : tensió de servei(V)

Valors:

R_n : 0 Ω

X_n : 29 Ω . Valor fixat per la companyia. Segons el reglament de baixa tensió s'ha d'agafar un valor inferior a 37 Ω .

V : 25000V

Substituïm els valors a les dos equacions expressades i obtenim:

$$I_t = \frac{25000}{\sqrt{3}(\sqrt{(R_t)^2 + 29^2})} \quad (\text{eq. 74})$$

$$V_d = I_t \times R_t \leq 8000V \quad (\text{eq. 75})$$

Solucionem el sistema d'equacions i obtenim els següents resultats:

$I_t=222,4A$

$R_t=35,97\Omega$

Calculem ara el valor unitari màxim de la resistència de posada a terra de l'electrode. Sabem que la resistivitat mitja del terreny és de $\rho= 150\Omega \cdot m$

Utilitzem la fórmula:

$$K = R_t / \rho = 35,97 / 150 = 0,24 \Omega / \Omega \cdot m \quad (\text{eq. 76})$$

L'electrode escollit per la posta a terra haurà de tenir com a màxim un valor de resistència de posada a terra de $0,24\Omega/\Omega\cdot m$

A.5.4 Transformadors

A.5.4.1 Generalitats sobre els transformadors

Segons la taula de l'apartat anterior i els càlculs realitzats, hem obtingut que necessitarem 3 transformadors de 400KVA de potència.

Intensitat curtcircuit en el primari: 11,55kA

Intensitat curtcircuit en el secundari: 962,25A

Intensitat de primari: 9,23A

Intensitat de secundari: 577,35A

A.5.4.2 Intensitat d'alta tensió o de primari

Utilitzarem la següent equació per trobar l'intensitat de primari del transformador::

$$I_p = \frac{S}{\sqrt{3} * U_p} \quad (\text{eq. 77})$$

On:

I: intensitat de primari o alta tensió(A)

S: potència del transformador(KVA)

U_p: tensió de línia (kV)

Valors:

S: 400KVA

U: 25kV

Substituïm els valors a la fórmula i obtenim:

$$I_p = \frac{400}{\sqrt{3} * 25} = 9,23A \quad (\text{eq. 78})$$

A.5.4.3 Intensitat de baixa tensió o de secundari

Utilitzarem la següent equació per trobar l'intensitat de primari del transformador::

$$I_s = \frac{S}{\sqrt{3} * U_s} \quad (\text{eq. 79})$$

On:

I_s: intensitat de secundari o baixa tensió(A)

S: potència del transformador(KVA)

U_s: tensió de secundari (kV)

Valors:

S: 400KVA

U: 400V

Substituïm els valors a la fórmula i obtenim:

$$I_s = \frac{400000}{\sqrt{3} * 400} = 577,35A \quad (\text{eq. 80})$$

A.5.4.4 Intensitat de curtcircuit de primari

Aquest valor d'intensitat de curtcircuit serà el mateix que l'intensitat de curtcircuit de la línia d'alta tensió, donat que en aquest punt, el transformador encara no intervé.

Aquest valor ja s'ha calculat a l'apartat A.2.6.2 i té un valor de 11,55kA.

A.5.4.5 Intensitat de curtcircuit de secundari

Per aquest càlcul utilitzarem la següent fórmula:

$$I_{cc} = \frac{100 * S}{\sqrt{3} * E_{cc} * V_s} \quad (\text{eq. 81})$$

On:

I_{cc}: intensitat de curtcircuit de secundari(A)

S: potència nominal del transformador

E_{cc}: tensió de curtcircuit del transformador(%)

V_s: tensió al secundari(V)

Valors:

S: 400KVA

V_{cc}: 6%

V_s: 400V

Agafarem com a potència de curtcircuit del secundari a la potència nominal del transformador.

Substituïm a la fórmula i obtenim:

$$I_{cc} = \frac{100 * 400}{\sqrt{3} * 0,06 * 400} = 962,25A \quad (\text{eq. 82})$$

L'intensitat de curtcircuit té un valor de 962,25A.

A.6 Enllumenat

Pels càlculs dels requeriments luminotècnics del polígon industrial es tindrà en conta els requeriments establerts en les instruccions tècniques complementàries generals d'enllumenat públic i les normatives del reglament electrotècnic de baixa tensió que fan referència a l'enllumenat.

A.6.1 Tipus de llum i potència escollida

Pels càlculs luminotècnics tindrem en conta els requeriments que dicten les instruccions tècniques complementàries generals d'enllumenat públic A-IT-G1. Aquestes instruccions es detallen les característiques necessàries segons el tipus de via.

La següent taula extreta de l'instrucció A-IT-G1 mostra els nivells de lluminositat i lluminància per vials de polígons industrials:

Il.luminància				Luminància				Enlluernament	
Emig (lux)		Uniformitats		Lmitja (cd/m ²)		Uniformitat		Molest	Pertor.
Inicial	Serv.	Mitja	General	Inicial	Serv.	Global	Long.		
25	18	40%	20%	1,5	1,1	35%	50%	5	14

taula 25. Nivells de lluminància, il·luminància i enlluernament per polígons industrials

Segons els valors de la taula anterior, la qual recomana una il·luminància de 25lux i mirant catàlegs de SYLVANIA, he arribat a la determinació d'escollir bombetes de vapor de mercuri de 250W.

Realitzaré els càlculs i després miraré l'il·luminància obtinguda. Si fos necessari canviaria el tipus o la potència de les bombetes.

A.6.2 Generalitats sobre les bombetes escollides

Algunes de les característiques són les següents:

Marca: SYLVANIA

Tipus: vapor de mercuri (VM)

Potència: 250W

Forma: ovoide

Rosca: E-27

Flux Iluminós: 12100lm

Rendiment: 48lm/W

Temperatura de color: 4000K

Vida mitja: 12000h

A.6.3 Càlculs luminotècnics

A.6.3.1 Disposició dels punts de llum

Com ja s'ha definit a la memòria del present projecte, els punts de llum es disposaran de forma diferent als carrers del polígon.

A l'hora de determinar la disposició en un carrer determinat, es tindrà en conta l'amplada del mateix i el nivell d'il·luminació.

La següent taula mostra la relació entre l'alçada de les columnes, l'amplada de la via i la disposició pensada.

Carrer	Amplada (m)	Alçada columnes(m)	Disposició
Indústria	15	10	Tresbolillo
Del gas	6,5	6	Unilateral
Del trefí	6,5	6	Unilateral
De la metal·lúrgia	15	10	Especial(encreuaments)
C-31	15	10	Unilateral

Taula 26. Disposició dels punts de llum i alçada de les columnes

A.6.3.2 Distàncies entre els punts de llum

Per determinar la distància entre punts de llum, utilitzarem la següent fórmula:

$$d = \frac{\Phi_L * F_u * F_d}{E_m * h} \quad (\text{eq. 83})$$

Realitzarem els càlculs per separat depenent de les característiques de la via.

On:

d: distància entre punts de llum(m)

Φ_L : flux de la làmpada(Lm)

E_m : Nivell mig d'il·luminació(lux)

h: alçada columnes(m)

F_u : factor d'utilització

F_d : factor de depreciació

Busquem primer els valors que no tenim.

Factor d'utilització

Buscarem el factor d'utilització tenint en conta l'alçada de les columnes, l'amplada del carrer i la vorera.

Segons el següent gràfic i equacions calcularem el factor d'utilització:

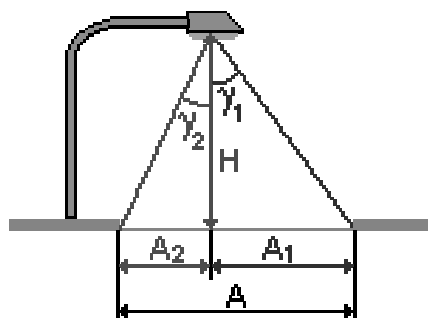


Figura 10. Distàncies de la lluminaeria

$Fu1=A1/H$ (es té en conta l'alçada de la columna i l'amplada de via A1)

$Fu2=A2/H$ (es té en conta l'alçada de la columna i l'amplada de via A2)

Realitzem els càlculs per carrers.

Dades de cada carrer:

Carrer indústria:

Amplada vorera: 1,5m

Amplada carretera: 15m

Carrer del trefí:

Amplada vorera: 1m

Amplada carretera: 6,5m

Carrer metal·lúrgia:

Amplada borera: 1,5m

Amplada carretera: 15m

Carrer del gas:

Amplada vorera: 1m

Amplada carretera: 6,5m

Carrer del vapor:

Amplada borera: 1

Amplada carretera: 6

C-31:

Amplada vorera: 1,5m

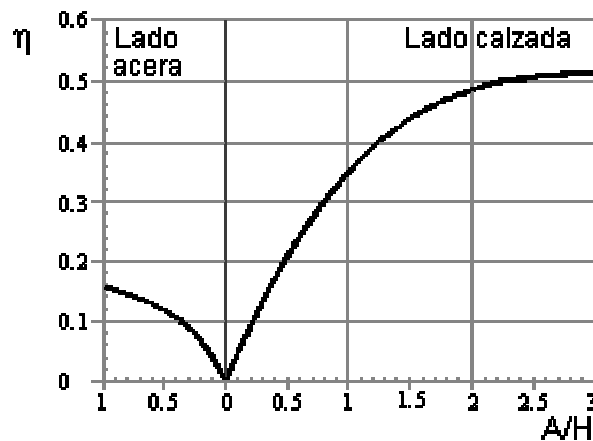
Amplada carretera: 15m

Utilitzarem una taula per calcular tots els valors desglossats per carrers:

CARRER	AMPLADA A1	AMPLADA A2	ALTURA COLUMNES(H)	(Fu1)	(Fu2)
Indústria	1,5	15	10	0,15	1,5
Trefí	1	6,5	6	0,16 6	1,083
Vapor	1	6	6	0,16 6	1
Del gas	1	6,5	6	0,16 6	1,083
Metal·lúrgia	1,5	15	10	0,15	1,5
C-31	1,5	15	10	0,15	1,5

Taula 27. Factors d'utilització

Per obtenir els valors totals dels factors d'utilització(FuT) de les lluminàries sumarem els dos valors i observant les següents corbes donades pel fabricant obtindrem els valors correctes per les lluminàries:



Gràfic 1. Corbes de factors d'utilització

Valors obtinguts:

CARRER	Fu1	VALORS RESULTANTS DE LES CORBES (VORERA): η_1	Fu2	VALORS RESULTANTS DE LES CORBES (CARRETERA): η_2	VALOR RESULTANT TOTAL: $\eta_1 + \eta_2$
Indústria	0,15	0,045	1,5	0,44	0,485
Trefí	0,166	0,055	1,083	0,36	0,415
Vapor	0,166	0,055	1	0,35	0,405
Del gas	0,166	0,055	1,08	0,36	0,415
Metal·lúrgia	0,15	0,045	1,5	0,44	0,485
C-31	0,15	0,045	1,5	0,44	0,485

Taula 28. Factors d'utilització totals

Factor de depreciació:

Calcularem el factor de depreciació multiplicant el factor de conservació i manteniment i el factor de conservació del flux.

$$F_d = F_{cm} * F\Phi \quad (\text{eq. 84})$$

On:

F_{cm}: factor de conservació i manteniment de la lluminària

F Φ : factor de conservació del flux de la lluminària

Valors segons el REBT:

Com hem escollit unes lluminàries hermètiques, F_{cm}= 0,87

Com utilitzarem lampares de vapor de sodi, F Φ = 0,80

Amb aquests valors ara ja podem calcular el factor de depreciació total:

$$F_d = F_{cm} * F\Phi = 0,87 * 0,8 = 0,696 \quad (\text{eq. 85})$$

Ara un cop calculats tots els coeficients podem retornar al càlcul de les distàncies:

Valors comuns per tots els carrers:

Φ_L : flux de la làmpada (Lm)

Em: 25lux(segons la taula A.6.1.1)

La següent taula mostra tots els valors separats per carrers:

La distància s'ha calculat segons la formula expressada abans.

CARRER	Φ_L (Lm)	Em(lux)	H (m)	Fu: $\eta_1 + \eta_2$	Fd	D(m)
Indústria	15.000	25	10	0,485	0,696	20,25
Trefí	15.000	25	6	0,415	0,696	72,21
Vapor	15.000	25	6	0,405	0,696	28,18
Del gas	15.000	25	10	0,415	0,696	17,33
Metal·lúrgia	15.000	25	6	0,485	0,696	33,75
C-31	15.000	25	10	0,485	0,696	20,25

Taula 29. Distàncies finals entre punts de llum

Valors obtinguts:

Pel carrer Indústria hem obtingut un valor de 20,25 i agafarem una distància de 20 m.

Pel carrer Trefí hem obtingut un valor de 72,21 i agafarem una distància de 70 m.

Pel carrer Vapor hem obtingut un valor de 28,18 i agafarem una distància de 25 m.

Pel carrer Del gas hem obtingut un valor de 17,33 i agafarem una distància de 15 m.

Pel carrer Metal·lúrgia hem obtingut un valor de 33,75 i agafarem una distància de 30 m.

Per la carretera C-31 hem obtingut un valor de 20,25 i agafarem una distància de 20 m.

He escollit valors una mica inferiors als obtinguts matemàticament per garantir que es compleixin les determinacions de lluminositat.

A.6.4 Càlculs elèctrics

A.6.4.1 Potència total d'enllumenat

Per trobar el valor de potència total de l'enllumenat, sumarem tots els valors de les potències de cada punt de llum.

A aquest valor total de les sumes de potències dels punts de llum se li aplicarà el coeficient de 1,8 que estableix el reglament electrotècnic de baixa tensió (ITC-BT-44 apartat 3.1) sobre lampares de descàrrega.

Aquest coeficient s'aplica com a previsió de possibles ampliacions de potència.

La potència d'un punt de llum és de 250W i tenim un total de 54 punts de llum.

La potència total és de 13500W.

El coeficient a aplicar té un valor de 1,8.

Multiplicant la potència total pel coeficient obtenim un valor de 24,75kW.

A la següent taula es detallen tots els càlculs desglossats per línies:

Línia	Nº punts de llum	Potència d'un punt de llum	Potència total	coeficient	Valor resultant
LÍNIA 1	12	250W	3000W	1,8	5400
LÍNIA 2	21	250W	5250W	1,8	9450
LÍNIA 3	22	250W	5500W	1,8	9900
TOTAL:					24750W

Taula 30. Potències totals

A.6.4.2 Intensitats nominals

Segons l'equació 6 calcularé les intensitats nominals de cada línia.

A la següent taula es mostren tots els valors de cada línia i les intensitats calculades:

Línia	Potència amb el coeficient 1,8(W)	Tensió (V)	Cosφ	Intensitat nominal(A)
LÍNIA 1	5400	230	0,85	15,94
LÍNIA 2	9450	230	0,85	28,79
LÍNIA 3	9900	230	0,85	29,23

Taula 31. Intensitats nominals

A.6.4.3 Secció dels conductors

Segons el reglament electrotècnic de baixa tensió, la secció mínima dels conductors haurà de ser de 6mm². Aquest valor pot ser superior o igual segons les nostres necessitats.

El REBT també exigeix que la potència a transportar sigui de 1,8 vegades la potència màxima de les lampares.

Segons el ITC-BT-09 del REBT, la caiguda de tensió serà del 3%.

Càlculs:

Potència total per línia x coeficient = potència a transportar.

Calcularem la secció amb la fórmula següent:

$$S = \frac{\rho * L * P_a}{\Delta U * V^2} \quad (\text{eq. 86})$$

On:

S= secció del conductor a calcular (mm²)

ρ= resistivitat del material(Ω/mm²/m)

L= Longitud del conductor(m)

P_a= Potència total de transport(KVA)

ΔU= caiguda de tensió

V= tensió de la línia

Valors:

$$\rho = 0,028 \Omega/\text{mm}^2/\text{m}$$

$$L1 = 8\text{Km.}$$

$$L2 = 10\text{Km.}$$

$$L3 = 11\text{Km.}$$

$$\Delta U = 3\%$$

$$V = 230\text{V.}$$

A la següent taula es mostren els resultats de les potències totals i seccions per línies:

Línia	Potència total	coeficient	Valor resultant de potència	Secció	Secció normalitzada
LÍNIA 1	3000W	1,8	9900	16,16	25
LÍNIA 2	5250W	1,8	9450	16,67	25
LÍNIA 3	5500W	1,8	5400	10,48	16

Taula 32. Seccions dels conductors

Totes les seccions obtingudes son majors a 6mm^2 i per tant complim el que diu el REBT.

Per escollir la secció del neutre, ens centrem a l'apartat ITC-BT08 del REBT.

La següent taula extreta del REBT mostra les seccions dels neutres en funció dels conductors de fase:

Secció dels conductors de fase (mm ²)	Secció nominal del conductor neutre (mm ²)	
	Xarxes aèries	xarxes subterrànies
16	16	16
25	25	16
35	35	16
50	50	25
70	50	35
95	50	50
120	70	70
150	70	70
185	95	95
240	120	120
300	150	150
100	185	185

Taula 33. Seccions dels neutres

Segons aquesta taula, la secció de tots els neutres de l'enllumenat serà de 16mm².

A.6.4.4 Posta a terra

Com ja s'ha redactat a la memòria, cada punt de llum disposarà de connexió a terra mitjançant un element conductor connectat a la columna metàl·lica. Aquest conductor anirà a parar a la xarxa general de posta a terra la qual disposarà de piquetes clavades al terra als seus extrems.

Segons l'apartat 2.2 de l'instrucció ITC-BT 018, per unes fases de 16mm² de secció o inferiors, el conductor de terra tindrà una secció del mateix valor.

Per tant, les fases de la línia 3 tenen un valor de 16mm^2 , el conductor de terra tindrà una secció de 16mm^2 .

Per les línies 1 i 2, el conductor de terra també serà de 16mm^2 donat que és el valor que hi ha per sota de 25mm^2 .

Segons la ITC-BT018, la posta a terra haurà de complir que:

$$R \leq 24/I_s \quad (\text{eq. 87})$$

On:

R: resistència total de posta a terra(Ω)

I_s : intensitat de defecte(A)

Valors:

$$I_s = 0,03\text{A}$$

Substituint obtenim:

$$R \leq 24/0,03 = 800\Omega \quad (\text{eq. 88})$$

La resistència total de posta a terra no podrà ser superior a 800Ω .

El valor de la resistència de les piques es calcula de la següent fórmula:

$$R = \rho/L \quad (\text{eq. 89})$$

On:

R: resistència total de posta a terra (Ω)

ρ : resistivitat mitja del terreny($\Omega \cdot \text{m}$)

L: longitud de les piques(m)

Valors:

$$\rho: 110\Omega$$

$$L: 2\text{m}$$

Substituïm i obtenim:

$$R=110/2= 55\Omega \quad (\text{eq. 90})$$

Aquest valor obtingut es molt inferior a 800Ω.

Es col·locarà una pica de 2m al final de cada una de les línies.

A.6.5 Elements de protecció

Al costat de cada centre de transformació hi haurà un armari de protecció i comandament.

D'aquest armari sortirà una o dues línies depenent del centre de transformació.

Els valors dels fusibles, ICP i tèrmics s'ha calculat segons els valors d'intensitat i potència màxims de cada línia.

Segons especifica el reglament electrotècnic de baixa tensió, la posta a terra haurà de tenir un interruptor diferencial de 30mA de sensibilitat

A continuació s'expressen els valors dels components de comandament i protecció calculats:

Línia	1	2	3
Nº d'armari	1	2	3
Potència total(kW)	3	5,25	5,5
Intensitat nominal (A)	15,94	28,79	29,23
ICP	20	40	40
PIA	2 de 16A	2 de 20A	2 de 20A
ID	2 pols 20A, 30mA	2 pols 20A, 30mA	2 pols 20A, 30mA
Contactors	2 de 20A	2 de 20A	2 de 20A

Taula 34. Característiques de les línies d'enllumenat

ANNEX B. Estudi de tarificació elèctrica

B.1 Introducció

Com a complement del present projecte s'estudiarà el consum de dues indústries amb formes de treball molt diferenciades amb la finalitat de redactar les diferències i a què son degudes aquestes.

Els càlculs d'aquest estudi es realitzaran sobre casos reals i durant un període idèntic per les dos empreses. Aquest període serà el mes comprès entre l'1 de març del 2006 fins al 2 d'abril de 2006.

B.2 Objecte

L'objecte del present estudi és el d'estudiar dos exemples ben diferenciats d'indústries de la zona i determinar les despeses mensuals i anuals en el subministre d'energia.

Es realitzaran una sèrie de càlculs per determinar l'efecte positiu que obtenen les empreses al compensar l'energia reactiva.

Amb aquest estudi es pretén assessorar posteriorment a les empreses que ho necessitin, per concienciar dels efectes positius que aconseguirien aplicant unes reformes a les instal·lacions.

B.3 Exemples proposats

Les indústries escollides per realitzar aquest estudi són les següents:

ARMACELL IBERIA S.A.

Indústria que es dedica a la fabricació d'aïllants tèrmics, acústics i escumes tèrmiques. Té una producció constant de 24h. I compensa l'energia reactiva.

CORK 2000

Indústria que es dedica a la fabricació i exportació de productes derivats del suro, amb una producció diària de 10 hores sense compensació de l'energia reactiva.

B.3.1 Situació i emplaçament

Les dades de localització són les següents:

ARMACELL IBERIA S.A.

Apartat nº 2

c.p. 17200 Palafrugell

Girona

Tel. 972613400

Fax: 972300608

CORK 2000

c/ Pals, nº 117

c.p. 17200 Palafrugell

Girona

Tel. 972304156

Fax: 972610192

e-mail: info@cork-2000.com

B.3.2 Tarifes i taxes

El sistema de tarifes vigent a Espanya, es troba definit al Reial decret 809/2006 del 30 de juny de 2006.

Aquestes tarifes són d'àmbit nacional y aplicables a l'energia subministrada per les empreses distribuïdores d'energia elèctrica acollides al sistema integrat de facturació d'energia elèctrica(SIFE).

Aquests preus de l' energia elèctrica es revisen anualment i es publiquen als butlletins oficials de l'estat(BOE).

Com ja he comentat abans, l'estudi es realitza sobre les dades reals del mes de març, per tant s'aplicarà la tarifa elèctrica de temporada mitja(TM).

A la següent taula es mostren els tipus de tarifes a aplicar segons la tensió màxima:

Nivell de tensió	Utilització		
	Curta (1.)	Mitja (2.)	Llarga (3.)
1. Fins 36 kV	1.1	2.1	3.1
2. Major de 36 kV. i no superior a 72,5 kV. (.2)	1.1	2.2	3.2
3. Major de 72,5 kV. i no superior a 145 kV. (.3)	1.3	2.3	3.3
4. Major de 145 kV. (.4)	1.4	2.4	3.4

Taula 35. Tipus de tarifes

La següent taula mostra el preu del kW/h segons el període:

Tarifa horària de potència (THP)		
Període	Terme de potència €/kW any	Terme d'energia €/kWh
1	35,323165	0,197728
2	23,544076	0,073453
3	20,181646	0,068658
4	14,126447	0,061397
5	14,126447	0,040321
6	14,126447	0,026223
7	10,862701	0,020654
Tensió kV	Recàrrec %	Descompte %
T <= 36	3,09	-
36 < T <= 72,5	1,00	-
72,5 < T <= 145	-	-
T > 145	-	12,00

Taula 36. Preu del kW segons el període

A la següent taula trobem les diferents tarifes d'alta tensió mes detalladament i els corresponents preus:

Tarifes i escalons de tensió	Terme de potència Tp: €/kW i mes	Terme d'energia Te: €/kWh
Tarifes generals		
Curta utilització:		
1.1 General no superior a 36 kV	2,205746	0,073853
1.2 General major de 36 kV i no superior a 72,5 kV	2,085945	0,069344
1.3 General major de 72,5 kV i no superior a 145 kV	2,015474	0,067300
1.4 Major de 145 kV	1,959098	0,065044
Mitjana utilització:		
2.1 No superior a 36 kV	4,538341	0,067370
2.2 Major de 36 kV i no superior a 72,5 kV	4,291692	0,063072
2.3 Major de 72,5 kV i no superior a 145 kV	4,150749	0,061239
2.4 Major de 145 kV	4,045042	0,059267
Llarga utilització:		
3.1 No superior a 36 kV	12,050562	0,054264
3.2 Major de 36 kV i no superior a 72,5 kV	11,268333	0,051091
3.3 Major de 72,5 kV i no superior a 145 kV	10,923024	0,049120
3.4 Major de 145 kV	10,591809	0,047780
Tarifes T. de tracció		
T.1 No superior a 36 kV	0,690814	0,077258
T.2 Major de 36 kV i no superior a 72,5 kV	0,634421	0,072676
T.3 Major de 72,5 kV	0,620325	0,070421
Tarifes R. de regs agrícoles		
R.1 No superior a 36 kV	0,563931	0,077329
R.2 Major de 36 kV i no superior a 72,5 kV	0,535731	0,072818
R.3 Major de 72,5 kV	0,507538	0,070351
Tarifes G.4 de grans consumidors		
G.4	11,370238	0,012547
Tarifa venda a distribuïdors (D)		
D.1 No superior a 36 kV	2,406729	0,050903
D.2 Major de 36 kV i no superior a 72,5 kV	2,271838	0,048560
D.3 Major de 72,5 kV i no superior a 145 kV	2,215041	0,046856
D.4 Major de 145 kV	2,144047	0,045578

Taula 37. Tarifes d'alta tensió

B.3.3 Modes de facturació

Existeixen 5 modes de facturació de la potència:

Mode 1: sense maxímetre i una sola potència contractada.

Mode 2: Una única potència contractada i amb un únic maxímetre.

Mode 3: Dos maxímetres, tipus de discriminació horària 2, 3 o 4 i dos potències diferents contractades.

Mode 4: Tres maxímetres, tipus de discriminació horària 3,4 o 5 amb 3 potències diferents contractades.

Mode 5: Estacional. Subministres especials i acollits a una sèrie de condicions.

B.3.4 Tipus de discriminació horària

Hi han sis tipus de discriminació horària segons les hores de treball i contracte de la potència. Aquests tipus són:

Tipus 0: Tarifa nocturna amb comptador de doble tarifa. Només aplicable a la tarifa 2.0

Tipus 1: Sense comptador de tarifa múltiple. Per potències inferiors a 50kW.

Tipus 2: Per comptadors de doble tarifa

Tipus 3: Per comptadors de triple tarifa i sense discriminació de dissabtes i festius.

Tipus 4: Per comptadors de triple tarifa i amb discriminació de dissabtes i festius.

Tipus 5: Per comptadors de quàdruple tarifa

Donat que les empreses dels exemples tenen discriminació horària 2 i 3 respectivament, detallem amb mes claredat en que consisteixen aquestes discriminacions amb les següents taules:

B.3.4.1 Tipus 2

El coeficient de recàrrec per aquest tipus d'abonats i la duració de cada període seran els següents:

Període horari	Duració	Recàrrec o descompte (Coeficient)
Hores punta	4 hores/dia	+ 40
Hores pla i vall	20 hores/dia	-

Taula 38. Recàrrecs o descomptes segons els períodes per tipus 2

B.3.4.2 Tipus 3

Els coeficients de recàrrec o descompte aplicables y la duració de cada període seran els que se detallen a continuació:

Període horari	Duració	Recàrrec o descompte (Coeficient)
Punta	4 hores/dia	+ 70
Pla	12 hores/dia	-
Vall	8 hores/dia	- 43

Taula 39. Recàrrecs o descomptes segons els períodes per tipus 3

B.3.5 Períodes horaris

Es consideren hores punta, pla i vall a cada una de las zones a les següents:
 Ens centrarem ala zona 2 que és la que comprèn a Catalunya i Aragó.

	Hivern			Estiu		
	Punta	Pla	Vall	Punta	Pla	Vall
Zona 1	18-22	8-18 22-24	0-8	9-13	8-9 13-24	0-8
Zona 2	18-22	8-18 22-24	0-8	9-13	8-9 13-24	0-8
Zona 3	18-22	8-18 22-24	0-8	10-14	8-10 14-24	0-8
Zona 4	18-22	8-18 22-24	0-8	10-14	8-10 14-24	0-8
Zona 5	18-22	8-18 22-24	0-8	19-23	0-1 9-19 23-24	1-9
Zona 6	18-22	8-18 22-24	0-8	19-23	0-1 9-19 23-24	1-9
Zona 7	19-23	8-19 23-24	0-8	20-24	0-1 9-20	1-9

Taula 40. Horaris punta, pla i vall segons les zones

B.3.6 Bonificacions i penalitzacions per l'energia reactiva

A la següent taula es mostren alguns valors del factor de potència i la seva corresponent penalització o bonificació.

cosφ	Recàrrec %	Descompte %
1,00	-	4,0
0,95	-	2,2
0,9	0,0	0,0
0,85	2,5	-
0,8	5,6	-
0,75	9,2	-
0,70	13,7	-
0,65	19,2	-
0,60	26,2	-
0,55	35,2	-
0,5	47,0	-

Taula 41. Recàrrecs o descomptes segons el factor de potència

B.3.7 Generalitats de les empreses dels exemples

Segons les explicacions detallades als apartats anteriors, les dades corresponents a les dos empreses dels exemples són les següents:

ARMACELL IBERIA S.A.

Tarifa: 2.1(per $v \leq 36\text{kV}$)

Mode de facturació de potència: Mode 2

Potència contractada: 810kW

Tipus de discriminació horària: tipus 3

Zona: 2

A aquesta empresa se li aplica una tarifa múltiple, la qual consisteix en la variació del preu del kW segons la jornada de treball.

CORK 2000

Tarifa: 2.1(per $v \leq 36\text{kV}$)

Mode de facturació de potència: Mode 1

Potència contractada: 85kW

Tipus de discriminació horària: tipus 2

Zona: 2

Aquesta empresa treballa amb un sol tipus de tarifa i per tant, sempre paguen el mateix preu pel consum d'energia.

B.4 Càlculs de facturacions amb els contractes de l'actualitat

En aquest apartat calculem el preu final que paguen aquestes empreses amb les tarifes i bonificacions/penalitzacions reals.

El terme de facturació de potència(T_p) és el producte de la potència contractada pel preu del terme de facturació d'energia.

El terme de facturació d'energia(T_e) és el producte de l'energia consumida durant el període de facturació considerat pel preu de kWh.

La suma dels dos termes mencionats aquí constitueix la facturació bàsica. A aquesta se li ha d'afegir els complements en forma de recàrrec o descompte, en funció de la discriminació horària, factor de potència, etc..

A continuació es detalla la factura desglossada del consum i facturació del mes de març per les dues empreses:

ARMACELL IBERIA S.A.

Consum:

	PLA	PUNTA	VALL	TOTAL ACT.	REACTIVA
Lectura real 01/04/06	431.704	707.121	274.174		288.510
Lectura real 01/03/06	-278.295	-655.558	-172.595		-253.688
	153.409	51.563	101.579		34.822
Factor de multiplicació	X1	x1	x1		x1
Consum del període	153.409	51.563	101.579	306.551kWh	34.822kVArh
Maxímetres	599.990W				

Taula 42. Consum durant el març per ARMACELL

En aquest cas com que se li aplica discriminació horària 3, es mesuren els valors de consum per separat als horaris punta, pla i vall.

S'agafa la mesura del primer dia d'abril i se li resta la mesura del primer dia de març per comprovar els consums de potència.

A més a més es comprova el consum de reactiva dintre del mes a calcular.

Facturació:

Concepte	Càlculs	Imports(€)
Potència	688,5kW x 1mes x 4,281454€	2.947,78
Consum	306.551kWh x 0,063557€	19.483,46
Subtotal		22.431,24
Terme de reactiva	22.431,24€ x -3,2%	-717,80
Recàrrec consum punta	51.563kWh x 70% recàrrec x 0,06357€	2294,03
Descompte consum vall	101.579kWh x -43% descompte x 0,063557€	-2.776,1
Impost sobre l'electricitat	21.231,37€ x 1,05113 impost elèc. X 4,864%	1.085,5
Lloguer equips	1 mes x 65€	65
Base imposable		22.381,87
IVA	16% de 22.381,87	3.581,1
TOTAL FACTURA:		25.962,97€

Taula 43. Facturació del mes de març per ARMACELL

Com es detalla a la facturació, a aquesta empresa se la bonifica amb un 3,2% sobre el consum total gràcies a la compensació de l'energia reactiva i amb un 43% sobre la potència consumida durant l'horari vall.

També se la penalitza pel consum elevat als horaris punta amb un 70% sobre la potència consumida en aquest interval horari.

CORK 2000

Facturació:

Concepte	Càlculs	Imports(€)
Potència	110kW x 1 x 2,299119	252,9
Consum	69.146 kWh x 0,076998€/kWh	5324,1
Subtotal		5.577
Dh2 punta	14.864kWh x 0,033703	500,96
Impost sobre l'electricitat	6.077,96 € 1,05113 x 4,864%	310,75
Subtotal		6.388,71
IVA	16% de 6.388,71	1.022,19
TOTAL FACTURA:		7.410,90

Taula 44. facturació del mes de març per CORK 2000

Com podem comprovar, en aquesta taula la facturació és més senzilla que a l'anterior cas donat que té un tipus de tarifa més limitat i sense tants aspectes a tenir en conta.

Com que només treballa unes 10 hores diàries aproximadament, se li aplica una única tarifa amb l'excepció de l'hora punta Dh2 on es consumeixen uns 14.864kWh.

El valor final de la factura es reduït donat la petita potència contractada, el consum reduït i les poques hores de funcionament de la fàbrica.

D'aquí extraïem que la facturació baixa al treballar durant la nit entre les 0 i les 8 hores (Horari vall), i es penalitza per consumir entre les 18 i les 22h (horari punta).

El consum normal es realitza a l'horari pla entre del 8 i les 18h i entre les 22 i les 24h.

B.5 Càlculs de facturacions amb condicions millorades

En aquest apartat calculem el preu final que pagarien aquestes empreses assessorant sobre millores a les instal·lacions i a les tarifes.

ARMACELL IBERIA S.A.

Sobre aquest exemple poc es pot millorar donat que ja rep bonificacions per compensar l'energia reactiva.

Calcularem quin és la millor discriminació horària entre la tipus 2 i la 3 i farem una segona simulació suposant que es desplaça la producció cap a altres horaris on el preu de kWh es mes reduït.

Simulació 1:

Com ja sabem el cost del rebut amb una discriminació horària tipus 3, calcularem el valor final si la discriminació fos de tipus 2:

Consum:

	PLA	PUNTA	VALL	TOTAL ACT.	REACTIVA
Lectura real 01/04/06	431.704	707.121	274.174		288.510
Lectura real 01/03/06	-278.295	-655.558	-172.595		-253.688
	153.409	51.563	101.579		34.822
Factor de multiplicació	X1	x1	x1		x1
Consum del període	153.409	51.563	101.579	306.551kWh	34.822kVArh
Maxímetres	599.990W				

Taula 45. Consum durant el març per ARMACELL

Facturació:

Concepte	Càlculs	Imports(€)
Potència	688,5kW x 1mes x 4,281454€	2.947,78
Consum	306.551kWh x 0,063557€	19.483,46
Subtotal		22.431,24
Terme de reactiva	22.431,24€ x -3,2%	-717,80
Recàrrec consum punta	51.563kWh x 40% recàrrec x 0,06357€	1311,14
Impost sobre l'electricitat	21.231,37€ x 1,05113 impost elec. X 4,864%	1.085,5
Lloguer equips	1 mes x 65€	65
Base imposable		24.175,08
IVA	16% de 24.175,08	3868,01
TOTAL FACTURA:		28.043,097€

Taula 46. Facturació del mes de març per ARMACELL

Amb el tipus de discriminació 2 el valor final del rebut és de 28.043,097, mentre que amb el tipus 3 era de 25.962,97€.

Hem pogut comprovar que la millor discriminació horària a aplicar és la de tipus 3, tal i com ja se li aplica a l'actualitat.

Simulació 2:

Realitzarem un càlcul suposant que desplaçem els valor de potència consumida cap als horaris on el preu del kWh es mes reduït. És a dir, que suposem que programem la producció entre de 0 i les 8h de la nit i durant el dia realitzem unes altres tasques on no necessitem un consum tan elevat de corrent.

Els valors d'exemple són els següents:

Consum:

	PLA	PUNTA	VALL	TOTAL ACT.	REACTIVA
Valors durant març 2006	120.000	30.000	150.000		34.822
Factor de multiplicació	x1	x1	x1		x1
Consum del període	120.000	30.000	150.000	300.000kWh	34.822kVArh
Maxímetres	599.990W				

Taula 47. Consum simulat per ARMACELL

He reduït els consums als horaris punta i pla i he traspasat aquests valors a l'horari vall amb la finalitat d'aconseguir una bonificació mes elevada.

Facturació:

Concepte	Càlculs	Imports(€)
Potència	688,5kW x 1mes x 4,281454€	2.947,78
Consum	300.000kWh x 0,063557€	19.067,1
Subtotal		22.014,88
Terme de reactiva	22.431,24€ x -3,2%	-717,80
Recàrrec consum punta	30.000kWh x 70% recàrrec x 0,06357€	1.334,97
Descompte consum vall	150.000kWh x -43% descompte x 0,063557€	-4.099,42
Impost sobre l'electricitat	21.231,37€ x 1,05113 impost elec. X 4,864%	1.085,5
Lloguer equips	1 mes x 65€	65
Base imposable		19.672
IVA	16% de 19.672	3.147
TOTAL FACTURA:		22.819€

Taula 48. Facturació simulada per ARMACELL

Amb aquest desplaçament del consum de potència hem aconseguit una reducció d'uns 3.000€ a la factura final.

CORK 2000

Amb aquesta empresa tenim més possibilitats a l'hora de simular variacions a les tarifes donat que no compensa l'energia reactiva y la seva producció es molt limitada en quant a horaris.

Faré dues simulacions. Una deixant la producció tal i com esta, simplement simulant com si compensés la reactiva i a l'altre simulació suposaré que té una producció de 24h al dia.

Simulació 1:

Facturació:

Concepte	Càlculs	Imports(€)
Potència	110kW x 1 x 2,299119€/kWh	252,9
Consum	69.146 kWh x 0,076998€/kWh	5324,1
Subtotal		5.577
Consum de reactiva	8.000kVarh x 3,3%=500,96	
Bonificació pel terme de reactiva	5.577€ x 3,3%	-167,31
Impost sobre l'electricitat	5409,69€ x 1,05113 x 4,864%	276,58
Subtotal		5686,27
IVA	16% de 5686,27	909,8
TOTAL FACTURA:		6596,07

Taula 49. Facturació simulada per CORK 2000

Al compensar el factor de potència i segons el triangle de potència, la potència reactiva consumida es redueix quedant inalterable la potència activa consumida.

Al final de la simulació ens ha sortit a pagar uns 6.596,07€ contra uns 7.410,90€ que ens surt a l'actualitat. Aquesta baixada és deguda a la bonificació per compensació de l'energia reactiva fins a un $\cos\phi=0,98$. Amb aquesta compensació aconseguim eliminar les penalitzacions i obtenim una bonificació aproximada del 3,3% del total.

Simulació 2:

En aquest cas suposem que es treballa les 24h del dia i per tant, que el consum de potència es triplica. S'augmentarà el consum entre els horaris que es bonifiqui i no es penalitzi.

També suposarem que es realitza una compensació de l'energia reactiva.

Consum:

	PLA	PUNTA	VALL	TOTAL ACT.	REACTIVA
Consum de potència	70.000	30.000	100.000		18.000
Factor de multiplicació	x1	x1	x1		x1
Consum del període	70.000	30.000	100.000	200.000kWh	18.000kVArh

Taula 50. Consum simula per CORK 2000

Hem augmentat la potència que hi havia abans tres vegades com a augment de les hores de producció i les he distribuït segons els horaris. El valor de la reactiva he posat un valor proporcional al consum d'energia activa i en funció del factor de potència.

Facturació:

Concepte	Càlculs	Imports(€)
Potència	210kW x 1mes x 2,556454€	536,85
Consum	200.000kWh x 0,063557€	12711,4
Subtotal		13248,25
Terme de reactiva	13248,25 € x -3,3%	-437,19
Recàrrec consum punta	30.000kWh x 70% recàrrec x 0,06357€	1313,97
Descompte consum vall	100000kWh x -43% descompte x 0,063557€	-2732,95
Impost sobre l'electricitat	12811,06€ x 1,05113 impost elec. X 4,864%	655
Base imposable		11392,1
IVA	16% de 11392,1	1822,74
TOTAL FACTURA:		13214,83€

Taula 51. Facturació simulada per CORK 2000

He augmentat el valor de la potència contractada fins a 250kWh

El subtotal de la factura té un valor de 13214,83€ en contra dels 7.410,9 que tenim a la realitat.

Podem comprovar que surt a conta la producció simulada per que encara que sigui mes car, hem triplicat la producció, amb una facturació que no arriba al doble del que teníem inicialment.

B.6 Valoracions de l'estudi

Amb aquest estudi hem pogut comprovar les clares diferències entre compensar o no el factor de potència.

Simplement amb l'instal·lació d'una bateria de condensadors als elements mes importants de l'instal·lació, ja aconseguim millorar el factor de potència amb la consegüent baixada de la factura de corrent.

També hem pogut comprovar que amb la desviació de consum cap als horaris on el kWh és mes barat, aconseguim que no ens penalitzin i a més a més es possible aconseguir bonificació per altre part.

A partir d'aquí és decisió de la pròpia empresa el desplaçament de la producció a altres torns, ja que cal tenir en conta altres aspectes com el número de treballadors a cada torn.