



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escola Tècnica Superior d'Enginyeria del Disseny

PROPOSTA DE PLA DE MANTENIMENT PREVENTIU D'UNA PLANTA FOTOVOLTAICA DE 5 MW SITUADA A L'ESTAT DE NOVA YORK

TREBALL FINAL DEL

Grau en Enginyeria Electrònica Industrial i Automàtica

REALITZAT PER

Martí i Belda, Maria

TUTORITZAT PER

Montañana Romeu, Joaquín

COTUTORITZAT PER

Muñoz Guillem, Luis

DATA: València, juliol 2019

ÍNDEX

<u>AGRAÏMENTS</u>	1
<u>RESUM</u>	2
<u>RESUMEN</u>	3
<u>ABSTRACT</u>	4
<u>INTRODUCCIÓ AL PROJECTE</u>	5
Estratègies de manteniment per a projectes fotovoltaics	6
Manteniment Predictiu	6
Manteniment Preventiu	6
Manteniment Correctiu	8
Elecció de l'estratègia de manteniment	10
Manteniment Preventiu, per què?	10
Objectius del projecte	11
Objectiu General	11
Objectius Particulars	11

MEMÒRIA

1 ANÀLISI DEL PROJECTE SOLAR GASKILL RD.	1
1.1 Introducció	1
1.1.1 Condicions solars a l'estat de Nova York	1
1.1.2 Disseny de la planta fotovoltaica	2
1.2 Localització del projecte	3
1.3 Característiques de la instal·lació	4
2 PLA DE MANTENIMENT PREVENTIU PER AL PROJECTE SOLAR GASKILL RD.	6
2.1 Codificació dels equips de la instal·lació	6
2.2 Documentació	8
2.2.1 Fitxes tècniques	8
2.2.2 Arxiu	10
2.3 Gammes de Manteniment	11
2.4 Planificador	13
2.5 Estoc de recanvi	13
2.6 Avaluació del Pla de Manteniment	14
2.6.1 Ordres de Manteniment	14
2.6.2 Indicadors de manteniment.....	16

Proposta de Pla de Manteniment Preventiu d'una planta fotovoltaica de 5 MW
situada a l'estat de Nova York

PLÀNOLS

P01.	LOCALITZACIÓ DEL PROJECTE SOLAR <i>GASKILL RD.</i>	1
P02.	DISTRIBUCIÓ DE MÒDULS PER <i>STRING COMBINER BOX</i>	2
P03.	DIAGRAMA ELÈCTRIC INVERSORS #1 I #2.....	3
P04.	DIAGRAMA ELÈCTRIC INVERSORS #3 I #4.....	4

PLEC DE CONDICIONS

1	INTRODUCCIÓ	1
2	CONDICIONS LEGALS DEL MANTENIMENT	1
3	CONDICIONS TÉCNIQUES DEL MANTENIMENT.....	2
3.1	Responsabilitats del propietari	2
3.2	Responsabilitats de l'empresa de manteniment contractada	3
3.2.1	Programa de Manteniment Preventiu i treballs correctius	3
4	CONDICIONS ECONÒMIQUES DEL MANTENIMENT	5

PRESSUPOST

1	COSTOS DE MANTENIMENT	1
1.1	Introducció	1
1.1.1	Costos fixes	1
1.1.2	Costos variables	1
1.1.3	Costos per falles.....	1
2	PRESSUPOSTOS PER AL PLA DE MANTENIMENT DEL PROJECTE SOLAR <i>GASKILL RD.</i> ..	2

<u>CONCLUSIONS</u>	1
--------------------------	---

<u>BIBLIOGRAFIA</u>	2
---------------------------	---

Proposta de Pla de Manteniment Preventiu d'una planta fotovoltaica de 5 MW
situada a l'estat de Nova York

ANNEXE: DOCUMENTACIÓ DEL PLA DE MANTENIMENT

A I.1	FITXES TÈCNiques	1
A I.1.1	Estructures.....	1
A I.1.2	Mòduls.....	2
A I.1.3	String Combiner Box.....	3
A I.1.4	Inversors.....	5
A I.1.5	Transformadors.....	7
A I.1.6	Sistema SCADA.....	8
A I.1.7	Estació meteorològica.....	9
A I.1.8	Cablejat elèctric de baixa tensió (Array).....	11
A I.1.9	Cablejat elèctric de baixa tensió (Equipment Pad).....	12
A I.1.10	Cablejat elèctric de mitja tensió.....	13
A I.1.11	Cable de comunicació.....	14
A I.2	GAMMES DE MANTENIMENT	15
A I.2.1	Gamma de Manteniment d'operació anual.....	15
A I.2.2	Gamma de Manteniment d'operació semestral.....	17
A I.2.3	Gamma de Manteniment elèctrica anual.....	18
A I.2.4	Gamma de Manteniment mecànica anual.....	20
A I.2.5	Gamma de Manteniment elèctrica 5-anys.....	21
A I.2.6	Gamma de Manteniment mecànica 5-anys.....	22
A I.2.7	Gamma de Manteniment d'operació 5-anys.....	23
A I.3	PLANIFICADORS	24
A I.3.1	Planificador de les tasques del recinte.....	24
A I.3.2	Planificador de les tasques per als mòduls.....	25
A I.3.3	Planificador de les tasques per als String Combiner Box.....	27
A I.3.4	Planificador de les tasques per als inversors.....	28
A I.3.5	Planificador de les tasques per als transformadors.....	29
A I.3.6	Planificador de les tasques per al sistema SCADA.....	30
A I.3.7	Planificador de les tasques per a l'estació meteorològica.....	31
A I.3.8	Planificador de les tasques per al cablejat elèctric.....	32
A I.4	EXEMPLE D'ORDRE DE MANTENIMENT D'UN INVERSOR	33

AGRAÏMENTS

Amb aquest treball vull donar les gràcies a aquelles persones que han estat fent-me costat a durant l'elaboració del projecte i que han aconseguit que les hores de feina foren un poc més fàcils de dur, en especial a la meua família.

Gràcies també a tots aquells professors que han aconseguit dur-me fins on estic, des dels primers mestres a l'escola fins als professors de la universitat amb els que he après que han aconseguit que estudiar una enginyeria valguera la pena i sense oblidar a aquells professors de l'institut que em van ajudar a triar el meu camí.

Gràcies a tots.

RESUM

La finalitat d'aquest Treball de Fi de Grau és crear un pla de manteniment preventiu per a una planta fotovoltaica de 5 MW de potència en CA amb una extensió de 26,36 acres (10,67 hectàrees) a l'estat de Nova York, als Estats Units. L'objectiu principal d'aquest pla és evitar que es reduïska el rendiment de la planta fotovoltaica. Per a complir l'objectiu s'han designat uns procediments concrets per al manteniment de cadascun dels equips i estructures presents en el recinte de la planta, aplicant els reglaments tècnics i la normativa estatunidenca vigent. Aquest pla de manteniment preventiu està programat a cinc anys vista amb revisions anuals que permeten la seua millora a partir dels resultats obtinguts en aquest període d'un any.

Gaskill Rd. és el projecte solar per al qual s'ha creat aquest pla general de manteniment. El projecte pertany a l'empresa *Antara Soluciones Técnicas S.L.* i totes les tasques que es descriuen en aquest document es duran a terme mitjançant una empresa de manteniment externa amb la qual se signarà un contracte.

Paraules clau: Manteniment preventiu, gammes de manteniment, planificació, planta fotovoltaica, Nova York.

RESUMEN

La finalidad de este Trabajo de Fin de Grado es crear un plan de mantenimiento preventivo para una planta fotovoltaica de 5 MW de potencia en CA con una extensión de 26,36 acres (10,67 hectáreas) en el estado de Nueva York, Estados Unidos. El objetivo principal de este plan es evitar que se reduzca el rendimiento de la planta fotovoltaica. Para cumplir el objetivo se han designado unos procedimientos concretos para el mantenimiento de cada uno de los equipos y estructuras presentes en el recinto de la planta, aplicando los reglamentos técnicos y la normativa estadounidense vigente. Este plan de mantenimiento preventivo está programado a cinco años vista con revisiones anuales que permiten su mejora a partir de los resultados obtenidos en este periodo de un año.

Gaskill Rd. es el proyecto solar para el que se ha creado este plan general de mantenimiento. El proyecto pertenece a la empresa Antara Soluciones Técnicas S.L. y todas las tareas que se describan en este documento se llevarán a cabo mediante una empresa de mantenimiento externa con la que se firmará un contrato.

Palabras clave: Mantenimiento preventivo, gamas de mantenimiento, planificación, planta fotovoltaica, Nueva York.

ABSTRACT

The purpose of this Final Degree Project is to create a preventive maintenance plan for a 5 MW photovoltaic plant in AC with an area of 26.36 acres (10.67 hectares) in the State of Nueva York, United States. The main objective of this plan is to avoid reducing the photovoltaic plant performance ratio. To achieve the goal, specific procedures have been designated for the maintenance of each of the equipment and structures present on the plant site, applying the technical regulations and normative in force at United States. This preventive maintenance plan is scheduled five-year ahead with annual reviews that allow its improvement based on the results obtained in this one-year period.

Gaskill Rd. is the solar project for which this general maintenance plan has been created. The project belongs to the company *Antara Soluciones Técnicas S.L.* and all the tasks described in this document will be carried out by an external maintenance company with which a contract will be signed.

Keywords: Preventive maintenance, maintenance ranges, planning, photovoltaic plant, New York.

INTRODUCCIÓ AL PROJECTE

Les energies renovables han anat entrant a poc a poc en els temes de conversació socials aconseguint que la societat les veja com una opció viable per fer front a les energies provinents de recursos fòssils. Els dos principals avantatges d'aquestes energies són la seua disponibilitat i el seu menor impacte ambiental, ja que les principals fonts d'energia són recursos teòricament inesgotables, com el sol, el vent o les mareas; o recursos amb una formació i regeneració natural més ràpida que la dels combustibles fòssils, com la biomassa.

Entre aquestes opcions es troba l'energia solar fotovoltaica, aquest tipus d'energia renovable ha anat guanyant importància gràcies al desenvolupament tecnològic de les fotocèl·lules, i aquesta nova importància ha propiciat l'augment de la construcció de plantes fotovoltaiques arreu del món. Ara bé, com també qualsevol altra instal·lació, aquestes construccions necessiten un manteniment que assegure que el seu funcionament serà millor para les condicions de la planta i que la planta serà rendible.

Aquest manteniment és el que s'estudiarà en aquest TFG, oferint una proposta de manteniment preventiu per a una planta concreta analitzant les diferents etapes a l'hora d'implantar un pla de manteniment i donant informació sobre els procediments a seguir.

S'ha escollit per a aquest projecte una planta fotovoltaica situada a l'estat de Nova York, EUA. Aquesta planta ha estat dissenyada per l'empresa en la qual s'ha fet aquest TFG i es troba actualment en construcció, per tant, les activitats descrites es duran a terme en el moment que la instal·lació entre en funcionament. Al tractar-se d'una instal·lació construïda als Estats Units durant el projecte es pot veure que el sistema mètric utilitzat és el que s'usa al país de construcció i alguns termes, abreviatures, simbologia i documents estan escrits en anglès, idioma utilitzat a l'empresa per fer el disseny de les instal·lacions. Els termes i abreviatures en anglès més utilitzats durant el projecte són: *String Combiner Box* i *string*, referits als equips encarregats de agrupar els cables de baixa tensió en corrent continua i al tipus de cable i connexió, respectivament; i les abreviatures i símbols AWG (*American Wire Gauge*), DC (*Direct Current*), AC (*Alternating Current*), LV (*Low Voltage*), MV (*Mid Voltage*), ' (*feet*) i " (*inches*).

Per a elaborar aquest TFG s'ha tingut en compte el tipus de manteniment que precisen els equips presents en les instal·lacions fotovoltaiques i la planta en general, a partir d'aquesta informació s'ha anat creant el Pla de Manteniment pas per pas, definint les parts més importants i aportant els documents necessaris per a una correcta aplicació d'aquest en el moment que s'implante. Com el cas d'estudi és un cas real, el Pla de Manteniment s'ha definit analitzant les característiques dels equips de la instal·lació, i aportant diferents plànols sobre la distribució de la planta, i s'ha elaborat un pressupost sobre els costos que suposaria aquesta proposta.

Al final del treball es trauran unes conclusions sobre la proposta, analitzant els mètodes utilitzats i determinant si, en conjunt, és un pla vàlid que ajudarà a complir els objectius definits per a la planta seleccionada.

La idea de fer el Treball de Fi de Grau relacionat amb el manteniment surt a arran d'haver cursat l'optativa de manteniment industrial i de la proposta de l'empresa *Antara Soluciones Técnicas S.L.* de formar part del departament d'operació i manteniment de les plantes fotovoltaiques. Amb aquest treball es busca ampliar els coneixements en la matèria i aportar una nova estratègia de manteniment a l'empresa.

Estratègies de manteniment per a projectes fotovoltaics

El principal avantatge de les plantes fotovoltaiques és el baix manteniment que requereixen, això permet implementar un mètode d'acció més precís i d'acord amb les necessitats dels equips instal·lats en la planta.

Els sistemes fotovoltaics tenen una vida útil de diverses dècades, planificar el manteniment d'aquests ajuda a optimitzar el Retorn sobre la Inversió (ROI) de la instal·lació al llarg de la seua vida i incrementar el temps d'activitat i disponibilitat del sistema, objectiu clau del manteniment.

Existeixen tres estratègies de manteniment:

- Manteniment predictiu
- Manteniment preventiu
- Manteniment correctiu

El propòsit d'usar aquestes estratègies en un pla de manteniment és tindre un complet coneixement del funcionament de la planta per a organitzar les tasques de manteniment i així complir els objectius d'aquesta.

Manteniment Predictiu

El manteniment predictiu és aquell que analitza el funcionament i l'estat dels equips mitjançant anàlisis físiques i químics per a predir el moment en què l'equip començarà a registrar fallades. Per a dur a terme les tasques d'aquest manteniment és necessari tindre un ampli coneixement dels equips, així com dels procediments i les eines que s'utilitzarà durant aquestes.

En el manteniment predictiu s'empren diferents tipus de tècniques com l'anàlisi de dades diària, termografies, anàlisis de vibracions, ultrasons...

El principal avantatge d'aquesta estratègia és el gran estalvi de costos de manteniment, ja que detectar les fallades amb suficient antelació permet programar de forma més eficient la reparació, incloent-hi subministraments i mà d'obra.

Manteniment Preventiu

El manteniment preventiu és aquell que es planifica amb anterioritat i l'objectiu de la qual és evitar i reduir el nombre de falles en els equips de la instal·lació, augmentant així la vida útil i la disponibilitat de la planta. En resum, la finalitat d'aquesta estratègia de manteniment és millorar el rendiment de tota la instal·lació.

Proposta de Pla de Manteniment Preventiu d'una planta fotovoltaica de 5 MW
situada a l'estat de Nova York

El manteniment preventiu es divideix en quatre etapes:

- **PLANIFICACIÓ:** Es defineixen les estratègies i es prenen decisions amb una visió de futur per a aconseguir els objectius de la planta i del manteniment.
- **ORGANITZACIÓ:** Es defineix un programa anual, combinant els materials i el personal disponible. Es projecta una estructura jeràrquica de tasques i personal.
- **DIRECCIÓ:** S'executa el treball definit, seguint unes guies per a aconseguir els objectius definits.
- **AVALUACIÓ:** S'obtenen els resultats de cada tasca de manteniment i s'analitzen per a detectar desviacions i aplicar les mesures necessàries per a corregir-les.

Aquestes etapes es duen a terme de forma cíclica. Això permet que el pla de manteniment creat es pugui anar modificant i ajustant a les necessitats dels equips en funció dels resultats obtinguts al llarg d'un any.

El manteniment planejat s'executa normalment tenint en compte les condicions ambientals, les recomanacions dels fabricants i d'acord amb les garanties dels equips.

Per a realitzar el manteniment preventiu les tasques s'organitzen en gammes de manteniment. Per a agrupar les tasques dins d'aquestes gammes s'empren tres criteris:

- Determinar el sistema al qual pertany l'equip al qual s'aplicarà la tasca. (mitjana tensió, baixa tensió, DC, AC, estructures...)
- Determinar l'especialitat d'aquesta (elèctrica, mecànica...)
- Determinar la freqüència en la qual es durà a terme (diària, mensual, anual...)

Mitjançant l'agrupació de les tasques en gammes de manteniment s'aconsegueix dur un millor seguiment del desenvolupament i funcionament del pla preventiu establert. A més, permet realitzar una estimació del temps de realització de les tasques per a un mateix sistema i determinar si aquestes seran executades per personal propi o per una empresa externa. Amb tot això és possible estimar si els recursos dels quals es disposa són suficients per a abordar el manteniment de la planta en qüestió.

Dins d'aquesta organització, cada equip i estructura de la planta es codificarà per a facilitar la seua identificació a l'hora d'assignar les tasques i realitzar l'avaluació després de la seua execució.

Aquests mètodes descrits simplificaran també l'elaboració del calendari anual de tasques, en el qual es reflectirà com és el moment oportú per a fer els diferents treballs especificats en el pla de manteniment preventiu.

Proposta de Pla de Manteniment Preventiu d'una planta fotovoltaica de 5 MW situada a l'estat de Nova York

Finalment, per a una correcta avaluació del manteniment preventiu, els tècnics encarregats de cada treball realitzat hauran de proporcionar un document tècnic correctament emplenat. Aquest informe es coneix com a Ordre de Manteniment i en ell s'han d'incloure els següents apartats:

- Número de control de l'Ordre de Manteniment
- Codi de l'equip
- Tipus de manteniment (intern o extern)
- Especialitat de la tasca
- Nom del tècnic que l'ha realitzada
- Data de la realització del servei
- Descripció del treball realitzat
- Materials i eines utilitzades durant aquest
- Imatges de l'estat de l'equip a reparar o revisar
- Nom i signatura de l'encarregat de l'equip de manteniment
- Data d'aprovació de l'encarregat del treball a realitzar
- Nom i signatura del departament de manteniment
- Data d'aprovació pel departament de manteniment del treball realitzat.

Aquests documents hauran d'arxivar-se, classificant-los per gammes, per a avaluar el desenvolupament de les tasques i millorar el procediment d'aquestes si fora necessari.

Manteniment Correctiu

El manteniment correctiu és aquell que s'executa després d'haver detectat una falla en qualsevol equip de la instal·lació. Els paràmetres clau que s'han de tindre en compte en un manteniment no planificat són el diagnòstic, la velocitat de resposta i el temps de reparació. A pesar que és preferible una resposta ràpida per a augmentar el rendiment energètic, això s'ha d'equilibrar amb la possibilitat que els costos augmenten en reduir el temps de resposta. Aquest temps haurà de dependre de la localització de la instal·lació i el tipus de falla i s'hauran de tindre en compte l'inventari de material de recanvi i els costos addicionals.

Les falles que suposen un problema de seguretat s'han d'abordar al més prompte possible. Depenent de la naturalesa de la falla es podrà corregir remotament, sent preferible aquesta opció si es pot aplicar.

Igual que en el manteniment preventiu, és preferible que els equips de la planta estiguin agrupats i codificats perquè la identificació siga més ràpida i senzilla. A més, és important classificar les falles segons la seua prioritat de reparació en funció de les característiques d'aquestes:

Proposta de Pla de Manteniment Preventiu d'una planta fotovoltaica de 5 MW
situada a l'estat de Nova York

- **PRIORITAT ALTA:** Qualsevol pèrdua de potència en un dels equips principals (inversors, transformador, commutadors...) o pèrdua de comunicació que provoqui que l'estat de la planta siga desconegut.
- **PRIORITAT MITJANA:** Qualsevol pèrdua de potència d'un equip secundari (caixes d'agrupació) o pèrdua de comunicació que no afecta el coneixement de l'estat de la planta.
- **PRIORITAT BAIXA:** Qualsevol pèrdua de potència en un circuit font o pèrdua de comunicació d'equips auxiliars (estació meteorològica).

En el manteniment correctiu és aconsellable crear un llistat amb les falles comunes i anar ampliant-la segons es detecten falles noves. Així mateix, s'ha de portar un seguiment de les peces de recanvi i materials disponibles en el magatzem, evitant així la falta d'estoc i aconseguint que les mesures correctores s'executen en un menor temps.

Per a l'avaluació del manteniment correctiu, igual que en el manteniment preventiu, es generarà un informe amb la següent informació:

- Codi de l'equip
- Tipus de manteniment (intern o extern)
- Especialitat de la tasca
- Nom del tècnic que l'ha realitzada
- Data de la realització del servei
- Data de detecció de la falla
- Nivell de prioritat
- Descripció de la falla
- Descripció del treball realitzat
- Materials i eines utilitzades durant aquest
- Temps invertit en el treball
- Imatges de l'estat de l'equip/peça a reparar o reemplaçar
- Nom i signatura de l'encarregat de l'equip de manteniment
- Data d'aprovació de l'encarregat del treball a realitzar
- Nom i signatura del departament de manteniment
- Data d'aprovació pel departament de manteniment del treball realitzat.

Aquests informes creats després de cada tasca correctiva s'hauran d'arxivar i classificar de la mateixa manera que es procedeix amb els informes generats després de les tasques preventives per a poder fer un estudi de les falles i determinar les conseqüències d'aquestes i com es poden evitar.

Elecció de l'estratègia de manteniment

Després d'estudiar les tres estratègies de manteniment, s'ha decidit que el manteniment preventiu és el més adequat per a aplicar-se a una instal·lació fotovoltaica.

Manteniment Preventiu, per què?

Com s'ha explicat abans, el manteniment preventiu té la finalitat de millorar el rendiment de la planta i incrementar la disponibilitat dels equips mitjançant l'agrupació de les tasques en gammes de manteniment i la distribució dels treballs en el temps en funció de la seua freqüència i les condicions necessàries per a la seua realització, creant així un calendari anual.

Un dels majors avantatges de les plantes fotovoltaiques és el baix manteniment que precisen, això permet que la freqüència de realització de les tasques rutinàries es reduïska a 1 o dues vegades per any i que aquelles que precisen una major especialització, com ho són algunes proves i revisions mecàniques, es puguin realitzar cada 3 o 5 anys.

Els principals avantatges del manteniment preventiu són:

- Els costos de realització són inferiors als d'un manteniment predictiu.
- Es redueixen les falles dels equips.
- El nombre de parades imprevistes es redueix.
- Es tracta d'un manteniment que es pot planejar i controlar més fàcilment.

Quant als inconvenients cal destacar els dos següents:

- Es requereix personal de manteniment amb experiència.
- No es pot determinar el desgast exacte dels equips.

L'elecció d'elaborar un Pla de Manteniment Preventiu no exclou l'ús dels manteniments predictius i correctius en la instal·lació. Aquests s'incorporaran als treballs de manteniment de manera que aporten més informació sobre el funcionament de la planta i ajuden l'hora de definir i executar les tasques preventives.

En el cas del manteniment predictiu s'incorporarà mitjançant el monitoratge dels equips instal·lats en la planta fotovoltaica. La recollida de dades en directe permet veure en períodes de temps curts com és el funcionament de la instal·lació, permetent així la identificació de comportaments anormals abans que es produïska una parada per una falla greu.

Les tasques correctives són majoritàriament inevitables, l'objectiu és reduir-les mitjançant un bon Pla de Manteniment Preventiu. En casos com el d'aquest projecte en el qual el Pla de Manteniment Preventiu es crea des de zero usant les recomanacions dels fabricants principalment, el manteniment correctiu, encara que s'ha d'evitar des del primer moment, aportarà informació que permetrà la millora del plantejament del Pla.

Objectius del projecte

Després de triar l'estratègia de manteniment que es durà a terme en la planta fotovoltaica triada per a aquest projecte passem a definir els objectius del projecte. Amb aquests es definirà quin serà el mètode de procediment de creació del pla de manteniment.

Objectiu General

L'objectiu principal d'aquest projecte és oferir un possible Pla de Manteniment que es pugui dur a terme en les instal·lacions del projecte solar seleccionat, en aquest cas la instal·lació fotovoltaica de *Gaskill Rd.*

Mitjançant aquesta proposta el que es busca és incrementar el valor productiu de la planta, evitant que es desgasten els equips instal·lats per una gestió incorrecta del manteniment.

Objectius Particulars

Per a aconseguir l'objectiu esmentat en l'apartat anterior, en aquest projecte s'han fixat els següents objectius:

- Determinar i classificar els diferents equips i sistemes de la planta fotovoltaica.
- Definir les gammes per a cadascun d'ells segons les recomanacions del fabricant.
- Organitzar el manteniment preventiu definint una estructura de les tasques i la seua freqüència.
- Establir un mètode d'avaluació a partir dels informes realitzats després de cada tasca.

Proposta de Pla de Manteniment Preventiu d'una planta fotovoltaica de 5 MW
situada a l'estat de Nova York

**PROPOSTA DE PLA DE MANTENIMENT PREVENTIU D'UNA
PLANTA FOTOVOLTAICA DE 5 MW SITUADA A L'ESTAT
DE NOVA YORK**

MEMÒRIA

ÍNDEX

1	ANÀLISI DEL PROJECTE SOLAR GASKILL RD.	1
1.1	Introducció	1
1.1.1	Condicions solars a l'estat de Nova York	1
1.1.2	Disseny de la planta fotovoltaica	2
1.2	Localització del projecte	3
1.3	Característiques de la instal·lació	4
2	PLA DE MANTENIMENT PREVENTIU PER AL PROJECTE SOLAR GASKILL RD.	6
2.1	Codificació dels equips de la instal·lació	6
2.2	Documentació	8
2.2.1	Fitxes tècniques	8
2.2.2	Arxiu	10
2.3	Gammes de Manteniment	11
2.4	Planificador	13
2.5	Estoc de recanvi	13
2.6	Avaluació del Pla de Manteniment	14
2.6.1	Ordres de Manteniment	14
2.6.2	Indicadors de manteniment	16

ÍNDIX DE FIGURES

FIGURA 1. MAPA D'IRRADIACIÓN GLOBAL HORIZONTAL A L'ESTAT DE NOVA YORK	1
FIGURA 2. DISSENY ELÈCTRIC SIMPLIFICAT.....	2
FIGURA 3. LOCALITZACIÓ DEL PROJECTE SOLAR GASKILL RD.....	3

ÍNDIX DE TAULES

TAULA 1. CODIFICACIÓ DELS EQUIPS.....	6
TAULA 2. PLANTILLA FITXES TÈCNIQUES.....	9
TAULA 3. ORGANITZACIÓ DE CARPETES DE L'ESPAI VIRTUAL.....	10
TAULA 4. PLANTILLA GAMMES DE MANTENIMENT.....	12
TAULA 5. PLANTILLA ORDRES DE MANTENIMENT.....	15

1 ANÀLISI DEL PROJECTE SOLAR GASKILL RD.

1.1 Introducció

Abans de procedir a parlar de les característiques del projecte solar seleccionat per a aquest treball veurem en quines condicions solars treballa aquesta planta i quin és el seu funcionament.

1.1.1 Condicions solars a l'estat de Nova York

La instal·lació seleccionada es troba en l'estat de Nova York per tant el recurs solar a tindre en compte serà el d'aquesta zona. La següent imatge mostra quina és la irradiació global horitzontal en tot l'estat de Nova York:

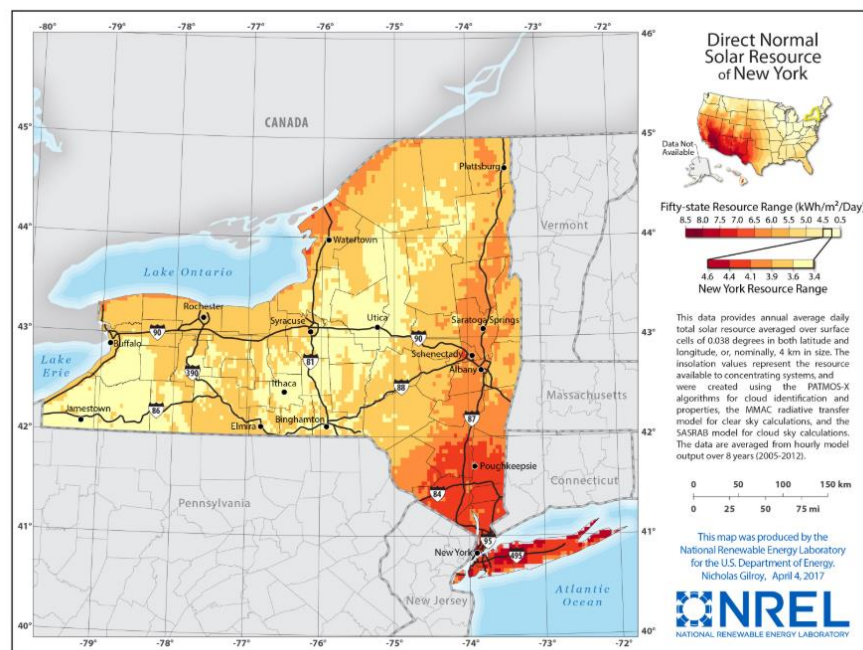


Figura 1. Mapa d'irradiació global horitzontal a l'estat de Nova York [1]

Com es pot veure, la irradiació en aquest estat varia entre els 3,4 i els 4,2 kWh/m²/dia. Dins del rang de recurs solar per als cinquanta estats que formen els Estats Units, l'estat de Nova York és un dels estats en els quals irradiació és més baixa. Això implica que la construcció de plantes fotovoltaïques en l'estat de Nova York serà menys rendible que en un estat la irradiació del qual fora major.

La pregunta és per què s'ha decidit invertir en la producció d'energia elèctrica mitjançant plaques fotovoltaïques en un estat en el qual els valors de producció seran inferiors als d'una planta situada en una regió on la irradiació per dia és més alta durant tot l'any. Això té la seua explicació en les ajudes que ofereix l'estat de Nova York, per a complir amb les idees marcades en el *NY-Sun*, un document en el qual es recullen les estratègies necessàries per a complir amb els objectius del *Clean Energy Standard* [2], que estableix que per a l'any 2030 el 50% de l'energia elèctrica abocada a xarxa ha de procedir d'energies renovables.

1.1.2 Disseny de la planta fotovoltaica

Quant al funcionament de les plantes fotovoltaiques primer hem de diferenciar les instal·lacions fotovoltaiques (FV) superiors a 1 MW i les instal·lacions FV de xicoteta grandària, menys d'1 MW). La instal·lació FV triada per a aquest projecte és de 5 MW, per això explicarem breument el funcionament de les plantes fotovoltaiques de gran grandària.

A l'hora de dissenyar i construir les plantes fotovoltaiques existeixen dos mètodes: el de mesurament primari i el de mesurament secundari. La gran diferència entre tots dos mètodes és el punt on es fan els mesuraments, en la línia de mitjana tensió per al mesurament primari i en la línia de baixa tensió per al mesurament secundari. En el cas de *Gaskill Rd.* el disseny i construcció s'ha fet seguint el mètode de mesurament primari, les característiques principals són les següents:

- Instal·lació de quadres d'agrupació de DC (*String Combiner Box*)
- Instal·lació d'un o diversos inversors centrals, segons la grandària de la planta
- Instal·lació i manteniment del transformador per part del propietari.

El disseny elèctric simplificat de la planta és el següent, en ell es poden veure els diferents equips instal·lats i quina és la seua distribució en la instal·lació fotovoltaica:

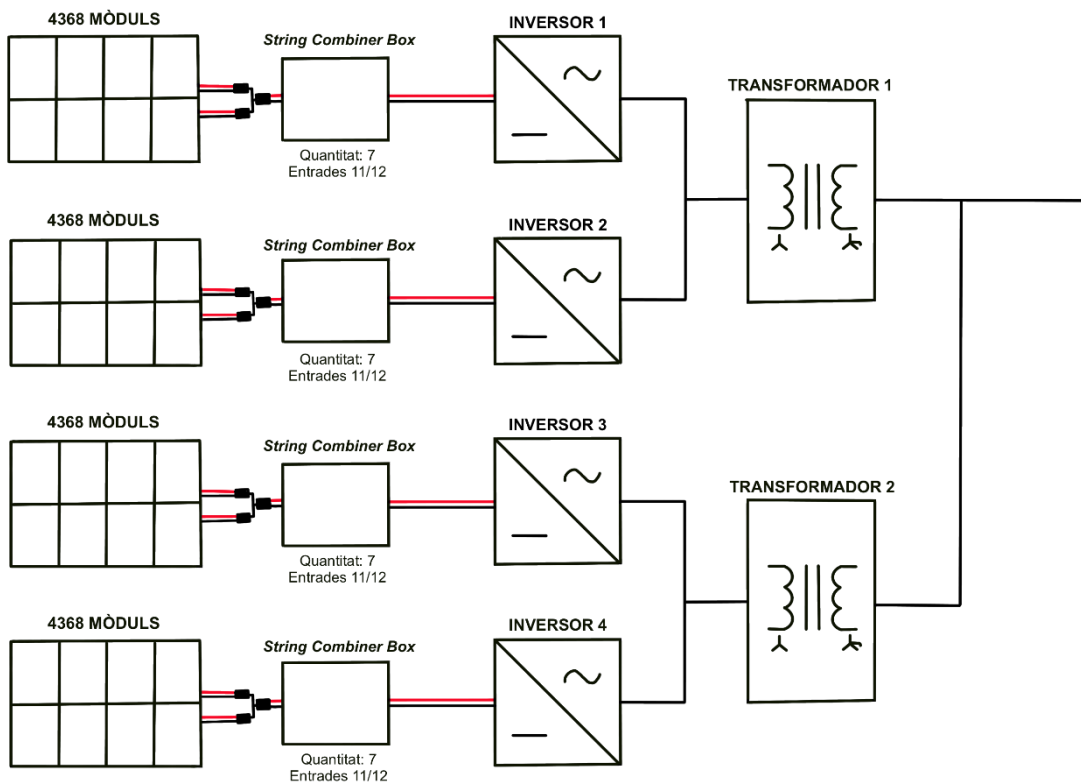


Figura 2. Disseny elèctric simplificat

Font: Elaboració pròpia

Proposta de Pla de Manteniment Preventiu d'una planta fotovoltaica de 5 MW situada a l'estat de Nova York

Com s'observa en l'esquema, una de les característiques de la instal·lació seleccionada és que, donada la seua gran grandària, el nombre total d'inversors és quatre i s'ha optat per instal·lar dos transformadors independents.

1.2 Localització del projecte

La instal·lació fotovoltaica d'aquest projecte es troba als Estats Units, més concretament en la direcció 4890 Gaskill Rd., OWEGO, NY 13827, pertanyent al comtat de Tioga a l'estat de Nova York. Les seues coordenades són les següents:

42° 06' 58.7" N 76° 10' 58.9" W

En la següent imatge es pot veure la localització exacta de la planta fotovoltaica:

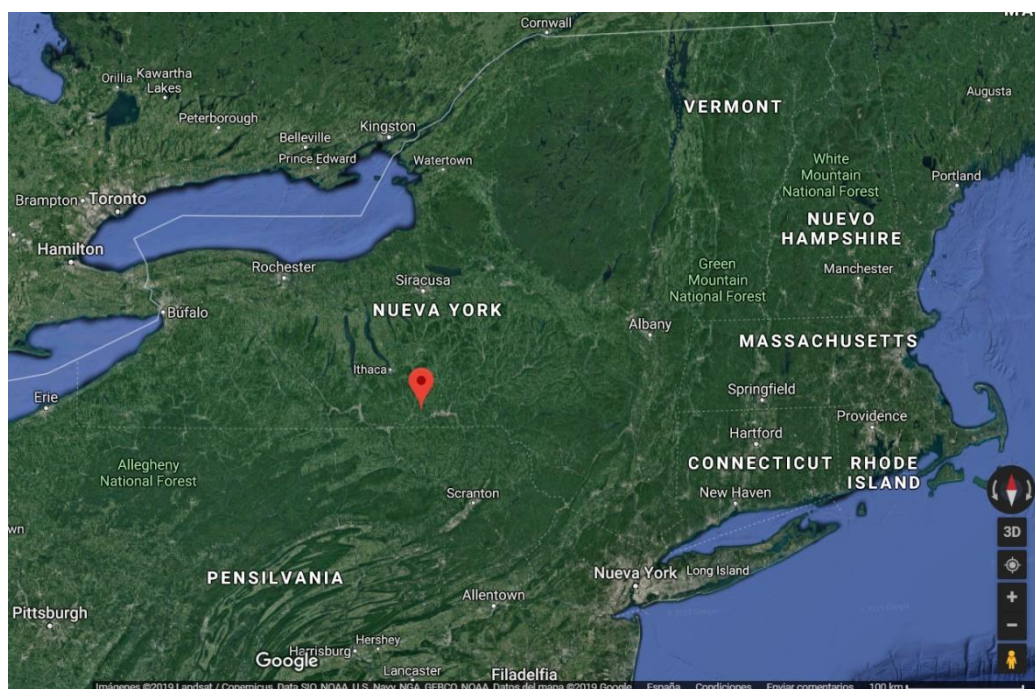


Figura 3. Localització del projecte solar Gaskill Rd.

Font: Elaboració pròpia usant Google Maps

La superfície d'aquest projecte solar és de 26.36 acres, la qual cosa equival a 10.67 hectàrees. En el plànol P01 es poden veure quatre imatges diferents que recullen la informació recollida en aquest apartat.

1.3 Característiques de la instal·lació

Les característiques de la planta seleccionada per a elaborar la proposta d'un pla de manteniment són les següents:

- Capacitat AC: 4.988 MW_{AC}
- Capacitat DC: 6.377 MW_{DC}
- Voltatge DC del sistema: 1500 V_{DC}
- Angle solar (azimut): 192°
- Especificacions dels equips:
 - Estructura:
 - Fabricant: RBI Solar
 - Tipus: 2 mòduls en vertical (2V), Inclinació fixa a 25°
 - Mòduls: [6]
 - Fabricant: HANWA
 - Model: Q.PLUS DUO L-G5.2
 - Nombre de mòduls: 17472
 - Nombre de *strings* en sèrie: 28
 - Potència: 360 W
 - *String Combiner Box*: [9]
 - Fabricant: SolarBOS
 - Model: ISOLATING DISCONNECT COMBINER 1500 V_{DC} NEMA 4
 - Quantitat: 28
 - Nombre d'entrades: 11/12
 - Calibre dels fusibles: 32 A
 - Calibre del seccionador: 400 A
 - Protecció contra sobretensions en DC
 - Inversors: [8]
 - Fabricant: Ingeteam
 - Model: DUAL 1245TL U B480
 - Quantitat: 4
 - Potència nominal: 2494 kVA
 - Corrent nominal en AC: 3000 A
 - Freqüència: 60 Hz
 - Factor de potència: 1
 - Dispositiu de protecció contra sobreintensitats en DC: fusibles de 355/400 A
 - Disjuntor d'AC

Proposta de Pla de Manteniment Preventiu d'una planta fotovoltaica de 5 MW
situada a l'estat de Nova York

- Transformadors:
 - Fabricant: Eaton
 - Model: PAD MOUNTED 3-PHASE
 - Quantitat: 2
 - Potència nominal: 2,75 MVA
 - Primari (MT): 34500 V, connexió estrela a terra
 - Secundari (BT): 480 V, connexió estrela
 - Freqüència: 60 Hz

- Sistema SCADA
 - Fabricant: *Green Power Monitor*
 - Model: *GPM Base Station*
 - Quantitat: 1
 - Font d'alimentació: 24 VDC, bateria interna

- Estació meteorològica
 - Actinòmetre: *Hukseflux SR30*
 - Sensor de temperatura: PT1000
 - Altres sensors: *LUFFT WS501*

- Cables elèctrics:
 - Baixa tensió (*Array*): [5]
 - Fabricant: *General Cable*
 - Model: SunGen[®] Photovoltaic Wire 2000 V
 - Tipus: Conductor simple de coure, RHW-2
 - Secció cable: 8 AWG / 10 AWG
 - Baixa tensió (*Equipment Pad*): [5]
 - Fabricant: *General Cable*
 - Model: SunGen[®] Photovoltaic Wire 2000 V
 - Tipus: Conductor simple d'alumini, RHW-2
 - Secció cable: 600 KCMIL
 - Secció cable posada a terra: 3 AWG
 - Mitja tensió: [3]
 - Fabricant: Okonite
 - Model: Okoguard[®] URO-J 35kV Underground Primary Distribution
 - Tipus: Conductor d'alumini / 90 °C
 - Secció cable fase: 3/0 AWG Full Neutral (aïllament URD) i 3/0 AWG (cable ACSR)
 - Secció cable neutre: 16x12 AWG
 - Secció cable posada a terra: 1/0 AWG
 - Comunicació:
 - Model: Cable general *Ethernet*
 - Categoria: CAT 6a

2 PLA DE MANTENIMENT PREVENTIU PER AL PROJECTE SOLAR GASKILL RD.

2.1 Codificació dels equips de la instal·lació

Una de les parts més importants és poder identificar els diferents equips de la planta. Per a això el mètode més eficaç és el de la codificació, mitjançant aquesta tots els equips instal·lats tindran un codi associat que els identificarà en els documents que es generen després de les tasques de manteniment.

Taula 1. Codificació dels equips

CODI	NUMERACIÓ	DESCRIPCIÓ CODI
Estructures		
RK-ROWx	x [1...78]	Identifica en què fila es troba l'estructura de suport
Mòduls		
M-ROWx-U/L	x [1...78] U = Upper / L = Lower	Identifica en què fila es troba el mòdul i la seua situació en la fila (a dalt o a baix)
String Combiner Box		
CBx-y	x [1...28] y [11,12]	Identifica el número del String Combiner Box i el seu nombre d'entrades S'acompanya del codi de l'inversor al qual es connecta
Inversors		
INVx	x [1...4]	Identifica el número de l'inversor S'acompanya del codi del transformador al qual es connecta
Transformadors		
TFx	x [1...2]	Identifica el número del transformador
Sistema SCADA		
GPM-SCADA		Identifica el sistema de monitoratge incloent cablejat intern
Estació meteorològica		
WS-Pyr	Pyr = <i>Pyranometer</i>	Identifica l'actinòmetre instal·lat en els mòduls
WS-Sensors		Identifica el conjunt de sensors instal·lats en la instal·lació. Inclou sensor de temperatura, humitat, pressió atmosfèrica, vent i pluja.

Proposta de Pla de Manteniment Preventiu d'una planta fotovoltaica de 5 MW
situada a l'estat de Nova York

Cablejat Elèctric de Baixa Tensió		
LV-STRz-INPy-CBx	x [1...28] y [1...11(12)] z [1,2]	Identifica el cable elèctric de String que connecta els mòduls, indicant al fet que String Combiner Box es connecta i en quina entrada (<i>input</i>)
LV-INPy-CBx	x [1...28] y [1...11(12)]	Identifica el cable elèctric que connecta els mòduls amb l' <i>String Combiner Box</i> , indicant al fet que String Combiner Box es connecta i en quina entrada (<i>input</i>)
LV-CBx-INVr	x [1...28] r [1...4]	Identifica el cable elèctric que connecta l' <i>String Combiner Box</i> amb l'inversor
Cablejat Elèctric de Mitja Tensió		
MV-COND	COND = <i>Conduit</i> (Conducte)	Identifica el cable elèctric d'eixida dels transformadors fins al primer pal de mitja tensió
MV-POLEx	POLE = Pal x [1...6]	Identifica el cable elèctric entre els pals de mitja tensió, sent el número indicat el pal més pròxim a la instal·lació
Cable Comunicació		
E-(CBx-INPy/INVr)	x [1...28] y [1...11(12)] r [1...4]	Identifica el cable de comunicació del monitoratge i si pertany al monitoratge dels String Combiner Box o dels inversors

Seguint aquestes regles de codificació, la identificació d'alguns equips seria la següent:

- RK-ROW45 (Estructura de mòdul en la fila 45)
- M-ROW45-O (Mòdul en la fila 45, part superior)
- CB2(11)-INV1 (*String Combiner Box* #2, onze entrades, connectat a l'inversor #1)
- INV1-TF1 (Inversor #1, connectat al transformador #1)
- TF1 (Transformador #1)
- LV-STR1-INP9-CB2 (Cable de baixa tensió, *String* #1 del cable d'input #9 connectat a l'*String Combiner Box* #2)
- LV-INP9-CB2 (Cable de baixa tensió, entrada #9 de l'*String Combiner Box* #2)
- LV-CB2-INV1 (Cable de baixa tensió, connexió entre l'*String Combiner Box* #2 i l'inversor #1)
- MV-POLE3 (Cable de mitja tensió, connexió entre el pal #3 i el pal #4)

És necessari aclarir que la diferència entre els cables de baixa tensió LV-STR1-INP9-CB2 i LV-INP9-CB2 està en el mètode de connexió dels mòduls. En aquesta instal·lació els mòduls estan connectats en sèrie, agrupant-los de manera que es connecten 28 mòduls de la part superior i 28 de la part inferior de la fila per a un mateix *String Combiner Box*,

això dona lloc a dos cables independents (LV-STR1-INP9-CB2 i LV-STR2-INP9-CB2) que s'agrupen usant un connector i donant lloc a un sol cable (LV-INP9-CB2) que es connectarà a l'entrada corresponent de l'*String Combiner Box*.

2.2 Documentació

Perquè el manteniment de la planta es duga a terme d'una manera eficient s'ha de comptar amb tota la documentació que reculla informació sobre la planta, els equips, l'estoc de recanvi i el manteniment de la instal·lació.

En la següent llista es recullen els documents més importants:

- Informació de contacte del propietari de la planta, l'empresa de subministrament d'energia, la jurisdicció local, el propietari de les terres i els serveis d'emergències.
- Fitxa tècnica dels equips amb el fabricant, el model i el número de sèrie
- Documentació del sistema: plans al 30%, al 100% i després de la construcció, especificacions de la planta, diagrames elèctrics, fotos dels equips (incloent-hi connexions elèctriques i situació en la planta) i del procés de construcció de la planta i les regles de seguretat.
- Garanties dels equips instal·lats.
- Les fitxes d'especificacions i manuals d'instal·lació i operació dels equips.
- Informes de la inspecció postconstrucció i de la posada en servei.
- Contractes vigents i passats amb els proveïdors.
- Informes de manteniments preventius i correctius.
- Informes mensuals i anuals de producció.
- Inventari de les peces de recanvi i informació del seu magatzematge.
- Informació de les condicions meteorològiques de la zona.

2.2.1 Fitxes tècniques

Les fitxes tècniques inclouran la informació principal dels equips de la planta. Les dades que hauran d'incloure són els següents:

- Codi d'identificació de l'equip
- Número de sèrie
- Fabricant i model
- Dades principals
- Recanvis necessaris

Aquest document es crearà a partir de la informació donada per les fulles d'especificacions dels equips i els manuals d'instal·lació i operació. La seua funció és agilitar la consulta de dades dels equips a l'hora de fer les tasques de manteniment, evitant així recórrer als manuals i les fulles d'especificacions llevat que siga estrictament necessari.

Proposta de Pla de Manteniment Preventiu d'una planta fotovoltaica de 5 MW
situada a l'estat de Nova York

Taula 2. Plantilla Fitxes Tècniques

FITXA TÈCNICA		
EQUIP		
CODIFICACIÓ		
Nre SÈRIE		
FABRICANT		
		CONTACTE
MODEL		
DADES GENERALS		
ESPECIFICACIONS		
RECANVIS NECESSARIS		

2.2.2 Arxiu

Tots els documents esmentats prèviament han d'emmagatzemar-se i ser accessibles de forma ràpida pel personal responsable de la construcció, l'operació i el manteniment de la planta.

Per a això s'habilitarà un espai d'emmagatzematge virtual en el qual s'han d'afegir tots els documents després de ser creats i actualitzats, i escanejats en cas que s'hagen emplenat manualment. L'elecció d'aquest mètode d'emmagatzematge es deu al fet que les empreses participants en el disseny i la construcció de la planta en qüestió no treballen conjuntament en una mateixa localització.

Aquest espai virtual del projecte solar de *Gaskill Rd.* s'organitzarà de la següent forma:

Taula 3. Organització de carpetes de l'espai virtual

1. CONTACTES	5. COMPRES
2. DOCUMENTS TÈCNICS	5.1. Inventari
2.1. Fitxes Tècniques	5.2. Magatzematge
2.2. Fulls d'especificacions i manuals	6. OPERACIÓ I MANTENIMENT
2.2.1. Mòduls	6.1. OPERACIÓ
2.2.2. <i>String Combiner Box</i>	6.1.1. Informes mensuals
2.2.3. Inversors	6.1.2. Informes anuals
2.2.4. Transformadors	6.2. MANTENIMENT
2.2.5. Estructures	6.2.1. Ordres de manteniment preventiu
2.2.6. Sistema SCADA	6.2.2. Informes de treballs correctius
2.2.7. Estació meteorològica	7. GARANTIES
2.3. Meteorologia de la zona	7.1. Equips
3. CONTRACTES	7.1.1. Mòduls
3.1. Vigents	7.1.2. <i>String Combiner Box</i>
3.2. Rescindits	7.1.3. Inversors
4. CONSTRUCCIÓ	7.1.4. Transformadors
4.1. Plànols	7.1.5. Estructures
4.1.1. Al 30%	7.1.6. Sistema SCADA
4.1.2. Al 100%	7.1.7. Estació meteorològica
4.1.3. Construït	7.2. Planta
4.2. Especificacions de la planta	8. DOCUMENTS ANTICS
4.3. Imatges	
4.4. Informes posada en servei	

2.3 Gammes de Manteniment

Les gammes de manteniment, com ja s'ha comentat en el capítol primer del TFG, permeten organitzar tots els equips de la planta en diferents grups en funció del sistema al qual pertany, l'especialitat de les tasques que s'aplicaran o la seua freqüència d'execució. Aquest tipus d'agrupació ofereix diversos avantatges com un millor plantejament del Pla Preventiu i major control sobre els recursos de la planta.

Per al Pla de Manteniment Preventiu de *Gaskill Rd.*, les gammes de manteniment inclouran, com a mínim, la següent informació:

- Codi de la Gamma
- Especialitat
- Freqüència
- Nom del Tècnic
- Hora d'Inici
- Duració prevista (hores)
- Sistema
- Equip
- Tasca
- Observacions

Els sistemes en els quals s'ha distribuït la planta per a la seua referència en les gammes de manteniment són els següents:

- Recinte
- Mòduls FV
- Cablejat Elèctric de Baixa Tensió
- *String Combiner Box*
- Inversors
- Transformadors
- Cablejat Elèctric de Mitjana Tensió
- Instrumentació

2.4 Planificador

A l'hora de planificar el manteniment preventiu és necessari crear uns calendaris en el qual es recullen les tasques que s'hagen d'executar en els diferents equips de la instal·lació.

Atés que les plantes fotovoltaïques no precisen molt manteniment, s'elaborarà un calendari anual en el qual s'indicarà el moment en el qual s'haurà de fer cada tasca, especificant la quinzena i l'hora tenint en compte que les tasques s'han de realitzar en hores diürnes i que la planta funciona els 365 dies de l'any ininterrompudament. Això implica que les parades s'han de programar de manera que les pèrdues de producció siguin mínimes.

En els calendaris adjunts en l'apartat **A I.1.3** de l'**Annex I** es pot veure com s'han organitzat les tasques que s'han de dur a terme al llarg de l'any en funció de l'equip al qual pertanyen. Per a una major organització, els treballs de la mateixa especialitat s'han agrupat en un mateix període de temps, això evitarà que els tècnics encarregats de les tasques es desplacen més d'una vegada o dues a l'any a la instal·lació. La decisió d'aplicar aquest mètode es deu al fet que els desplaçaments a la instal·lació del projecte *Gaskill Rd.* suposen una gran inversió de temps a causa de la localització de la planta, i per tant uns costos més elevats.

2.5 Estoc de recanvi

A l'hora d'organitzar i executar el Pla de Manteniment s'han de tindre en compte les peces de recanvi que seran necessàries durant les tasques de manteniment i com serà el seu emmagatzematge.

Quant a l'emmagatzematge de l'estoc, aquest serà responsabilitat de l'empresa de manteniment llevat que s'especifique el contrari. El lloc on s'emmagatzemen les peces ha de ser un espai segur contra robatoris o vandalisme, complir les condicions de magatzematge d'acord amb la temperatura i la humitat específica per als recanvis i oferir un mètode d'organització mitjançant el qual es pugui accedir de forma ràpida i senzilla als recanvis més utilitzats i es puguin controlar les quantitats que hi ha a cada moment dins del magatzem. Respecte a la seguretat del magatzem enfront de robatoris i altres actes de vandalisme, el magatzem ha d'estar cobert per una assegurança que mitigui aquest risc i s'haurà de recordar una fiança entre l'empresa mantenidora i l'empresa constructora per a cobrir furts i danys de material durant l'emmagatzematge.

Per a portar un control i un seguiment de l'estoc de recanvi l'empresa constructora i encarregada de la compra de materials elaborarà un llistat de les peces de cada equip que han d'estar emmagatzemades per al seu ús en treballs correctius o preventius. En aquest llistat es classificaran les peces en funció de l'equip al qual pertanguen i s'indicarà el seu fabricant, model i la quantitat que ha d'haver-hi emmagatzemada. Aquelles peces que es puguin usar per a més d'un equip s'agruparan en un apartat diferent indicant la seua funció. Paral·lelament a aquest llistat es crearà un document en el qual es vagen actualitzant les quantitats d'estoc disponibles en el magatzem, l'objectiu d'això és

Proposta de Pla de Manteniment Preventiu d'una planta fotovoltaica de 5 MW situada a l'estat de Nova York

augmentar la disponibilitat de la planta evitant la falta de peces en el moment d'executar una tasca. Dins d'aquest document les peces estaran organitzades segons la seua freqüència d'ús dins del seu grup. En primer lloc, apareixeran les peces catalogades com a consumibles, aquelles que han d'estar sempre disponibles, la resta de les peces s'ordenaran tenint en compte la quantitat necessària, la qual dependrà de factors com el temps de reacció estipulat per contracte, el temps d'inactivitat permès o les pèrdues econòmiques generades. Per a una planta fotovoltaica el grup de consumibles inclou: fusibles per als diferents equips, material electrònic, filtres i caragols i femelles.

Mantindre l'inventari de recanvi comporta unes despeses, per a reduir-los es poden aplicar les següents estratègies:

- Estandarditzar certs equips de manera que s'instal·le el mateix model en diferents projectes per a reduir la diversitat d'estoc.
- Preparar acords amb els proveïdors per a garantir la disponibilitat d'estoc per part del fabricant.
- Triar el lloc d'emmagatzematge de manera que es puga accedir a ell en un temps reduït des de diverses plantes.

2.6 Avaluació del Pla de Manteniment

Per a l'avaluació del Pla de Manteniment proposat s'han de tindre en compte dos factors: l'execució i la gestió dels treballs executats. L'anàlisi de cadascun d'aquests factors proporcionarà la informació necessària per a la modificació i millora del Pla de Manteniment.

2.6.1 Ordres de Manteniment

L'avaluació de les tasques de manteniment es duu a terme mitjançant Ordres de Manteniment, com ja s'ha esmentat en el capítol primer. Aquest document inclou informació sobre l'equip en el qual s'ha executat la tasca, així com quin ha sigut el procediment i els materials usats a més d'una altra informació necessària per a l'aprovació de la tasca.

La finalitat d'elaborar aquests informes és controlar i avaluar com s'estan executant els treballs preventius. A partir d'aquesta avaluació s'extraurà informació que puga aportar millores al Pla de Manteniment que s'està executant, afegint referències sobre com s'ha de procedir en determinades tasques i determinant diferents indicadors de gestió.

A continuació, es mostra la plantilla creada per a les Ordres de Manteniment del projecte solar *Gaskill Rd.*:

Proposta de Pla de Manteniment Preventiu d'una planta fotovoltaica de 5 MW
situada a l'estat de Nova York

Taula 5. Plantilla Ordres de Manteniment

ORDRE DE MANTENIMENT		
		Nre ORDRE
EQUIP		
MANTENIMENT	<input type="checkbox"/> INTERN <input type="checkbox"/> EXTERN	
ESPECIALITAT		
TÈCNIC		CONTACTE
DATA REALITZACIÓ		
DESCRIPCIÓ DEL TREBALL		
MATERIALS		
OBSERVACIONS		
SIGNATURA ENCARREGAT DEL MANTENIMENT		SIGNATURA DEPARTAMENT DE MANTENIMENT
NOM		NOM
DATA D'APROVACIÓ DEL TREBALL A REALITZAR		DATA D'APROVACIÓ DEL TREBALL REALITZAT

2.6.2 Indicadors de manteniment

Per a avaluar el manteniment que s'està duent a terme existeixen certs indicadors coneguts com a *Key Performance Indicators* (KPI). A Europa queden recollits en la norma EN 15341:2007 (internacional) mentre que, a Amèrica del Nord, els indicadors equivalents als de la normativa europea, es troben en el llibre *Global Maintenance and Reliability Indicators* publicat per *European Federation of National Maintenance Societies* (EFNMS) i la *Society for Maintenance & Reliability Professionals* (SMRP) [15].

Atés que la instal·lació a la qual s'aplicarà el Pla de Manteniment creat es troba en l'estat de Nova York, s'utilitzaren els indicadors coneguts com a *SMRP metrics*.

Els indicadors que es tindran en compte són els següents:

- Referits als costos d'administració:
 - *SMRP Metric 1.3* -- Cost manteniment (mtt) per producció
 - *SMRP Metric 1.5* -- Cost mtt /Valor Substitució Actius
- Referits a la disponibilitat de la planta:
 - *SMRP Metric 2.2* -- Disponibilitat
 - *SMRP Metric 2.4* -- Temps d'inactivitat
- Referits a la disponibilitat dels equips:
 - *SMRP Metric 3.2* -- Temps d'inactivitat total
 - *SMRP Metric 3.3* -- Temps d'inactivitat programat
 - *SMRP Metric 3.4* -- Temps d'inactivitat no programat
 - *SMRP Metric 3.5.1* -- Temps mitjà entre fallades (MTBF - *Mean Time Between Failures*)
 - *SMRP Metric 3.5.2* -- Temps mitjà per a reparar o reemplaçar (MTTR - *Mean Time To Repair or Replace*)
- Referits a l'organització del treball:
 - *SMRP Metric 5.1.4* -- Hores de mtt preventiu
 - *SMRP Metric 5.1.9* -- Costos de mtt per parades
 - *SMRP Metric 5.4.4* -- Compliment d'OM en hora
 - *SMRP Metric 5.5.4* -- Costos de personal de mtt extern
 - *SMRP Metric 5.5.7* -- Cost de mtt en hores extres
 - *SMRP Metric 5.5.8* -- Hores de mtt en hores extres
 - *SMRP Metric 5.5.33* -- Desproveïment d'estoc

D'aquests Indicadors esmentats dos dels més importants a l'hora d'avaluar el Pla de Manteniment són els *SMRP Metrics 3.5.1* (MTBF) i *SMRP Metrics 3.5.2* (MTTR). Aquests dos paràmetres permeten portar un control sobre el funcionament de les màquines, programar amb més precisió els manteniments i predir certes falles, i en conjunt avaluar la disponibilitat dels equips.

Proposta de Pla de Manteniment Preventiu d'una planta fotovoltaica de 5 MW
situada a l'estat de Nova York

Començant pel MTBF, aquest fa referència al temps transcorregut entre les falles reparables d'un sistema durant el seu funcionament normal. Per al seu càlcul és necessari saber el temps total durant el qual l'equip ha estat funcionant i el nombre de falles registrades [16]:

$$MTBF = \frac{\text{Temps total de funcionament}}{\text{Nombre de falles}}$$

A partir d'aquest paràmetre també és possible obtindre la fiabilitat de l'equip usant la següent equació, sent t el període de temps d'envaluació i R la fiabilitat en percentatge:

$$R = e^{-(t/MTBF)} \times 100$$

El MTTR és la mitjana de temps transcorregut durant les reparacions que impliquen la parada dels equips, es calcula amb el temps total d'inactivitat de l'equip i el nombre de falles [16]:

$$MTTR = \frac{\text{Temps total d'inactivitat}}{\text{Nombre de falles}}$$

El seu càlcul és útil per a millorar la programació de parades per manteniment i així minimitzar el temps d'inactivitat.

Per a aconseguir una major precisió en avaluar la disponibilitat dels equips aquest últim paràmetre es pot diferenciar en dos termes diferents, un tenint en compte el temps d'inactivitat referit a falles o avaries (MTTR1) i un altre usant el temps de parada per revisions sistemàtiques preventives (MTTR2).

El percentatge de disponibilitat s'obindrà amb les següents equacions:

$$D1 = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR1} \quad D2 = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR2}$$

$$MTTR = MTTR1 + MTTR2$$

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

Totes les fórmules esmentades s'han obtingut de l'estàndard IEC 61703:2016, *Mathematical expressions for reliability, availability, maintainability and maintenance support terms*.

El disseny i construcció de la planta fotovoltaica instal·lada per al projecte de *Gaskill Rd.* s'ha fet buscant augmentar el temps mitjà entre parades per falles reparables i disminuir les parades per revisions no programades i reparacions d'avaries.

Proposta de Pla de Manteniment Preventiu d'una planta fotovoltaica de 5 MW
situada a l'estat de Nova York

**PROPOSTA DE PLA DE MANTENIMENT PREVENTIU D'UNA
PLANTA FOTOVOLTAICA DE 5 MW SITUADA A L'ESTAT
DE NOVA YORK**

PLÀNOLS

ÍNDIX

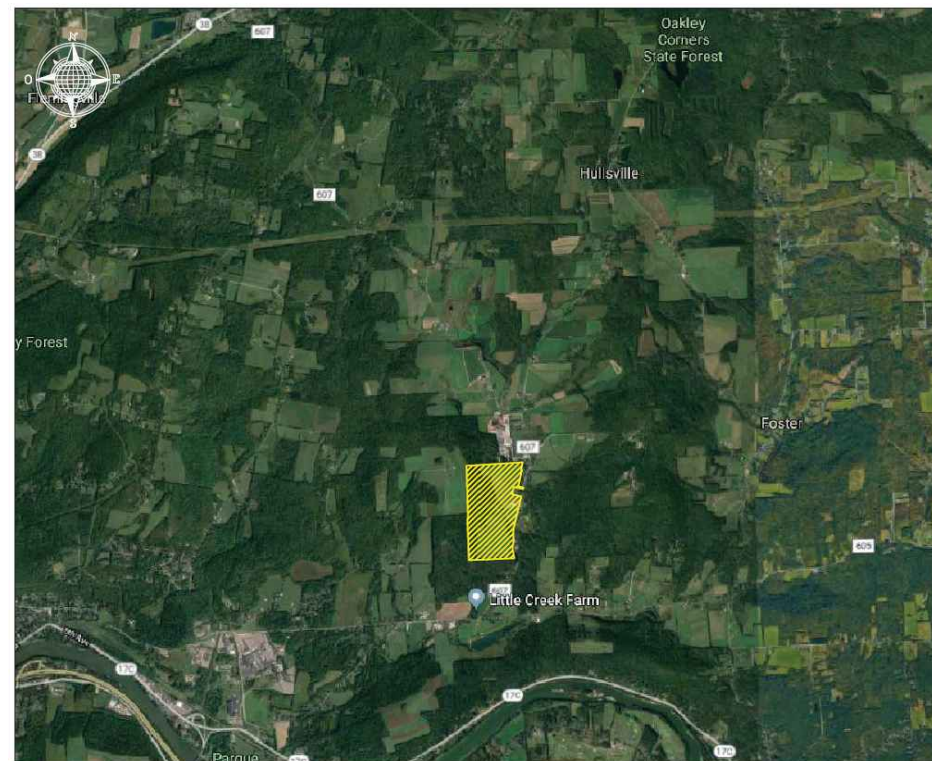
P01.	LOCALITZACIÓ DEL PROJECTE SOLAR <i>GASKILL RD.</i>	1
P02.	DISTRIBUCIÓ DE MÒDULS PER <i>STRING COMBINER BOX</i>	2
P03.	DIAGRAMA ELÈCTRIC INVERSORS #1 I #2.....	3
P04.	DIAGRAMA ELÈCTRIC INVERSORS #3 I #4.....	4



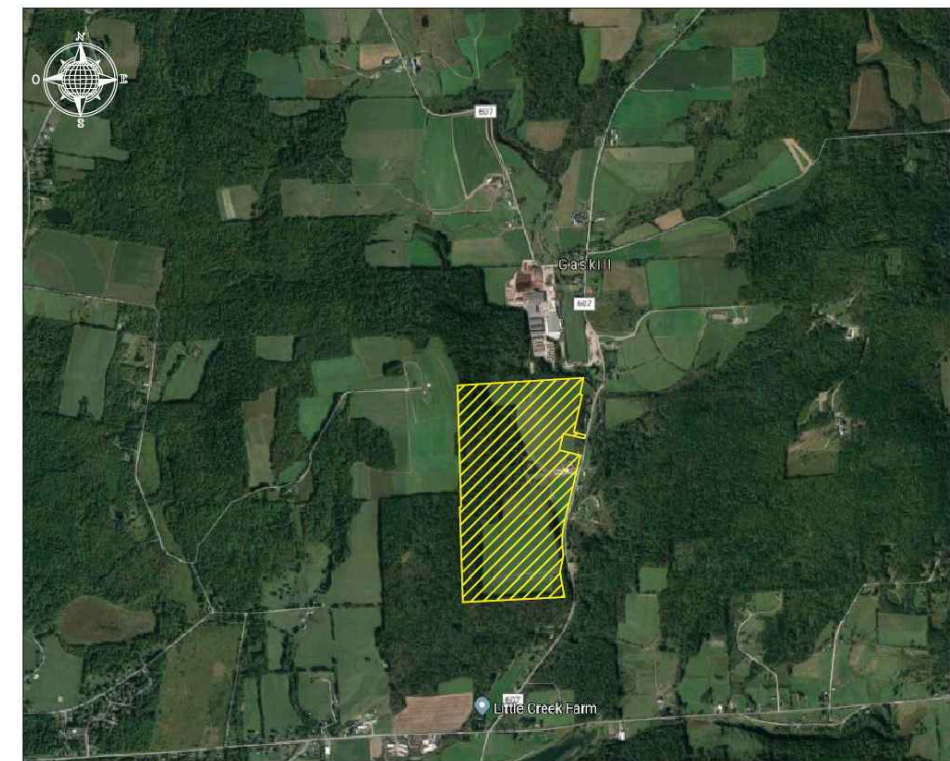
ESCALA: S/N





ESCALA: S/N



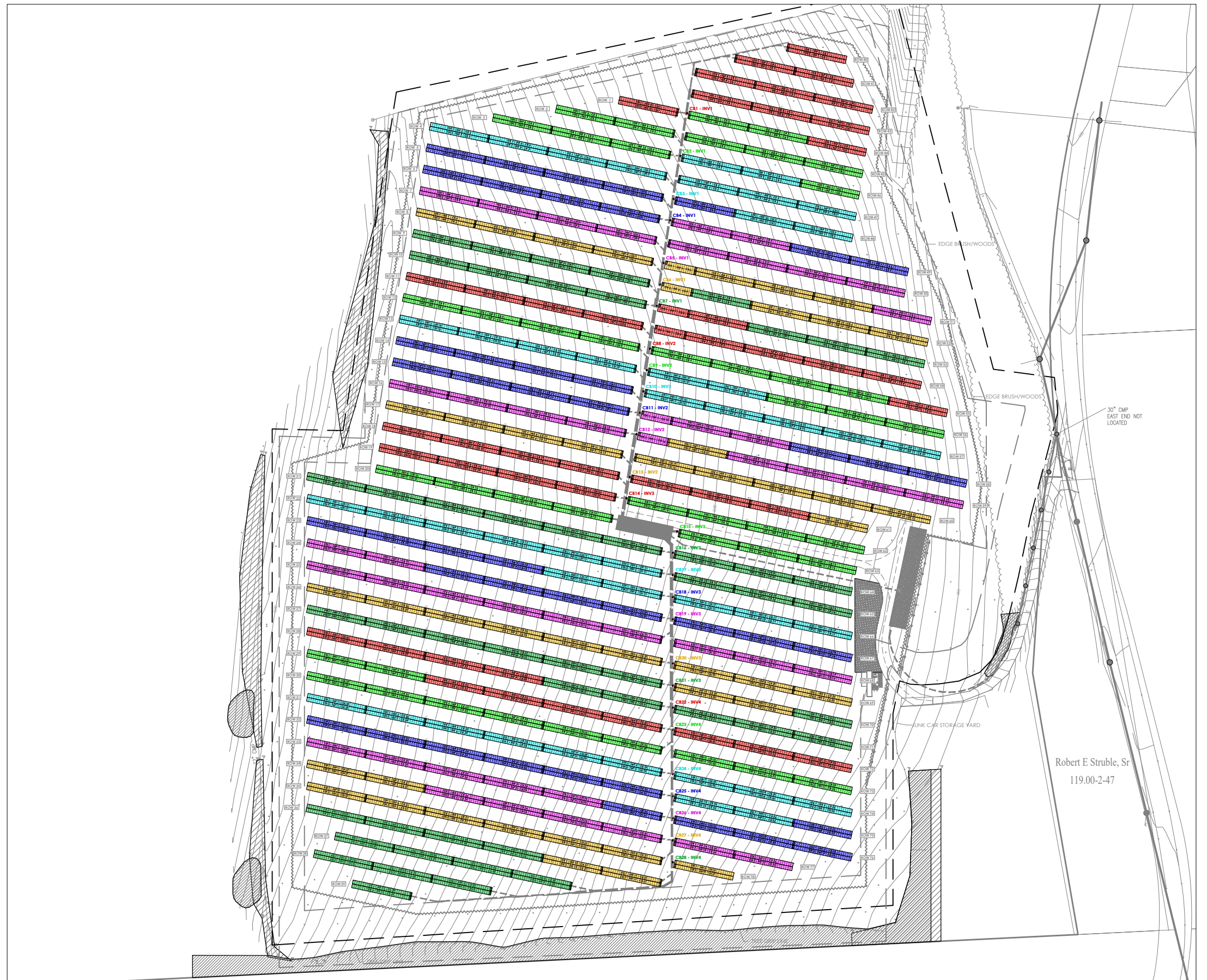
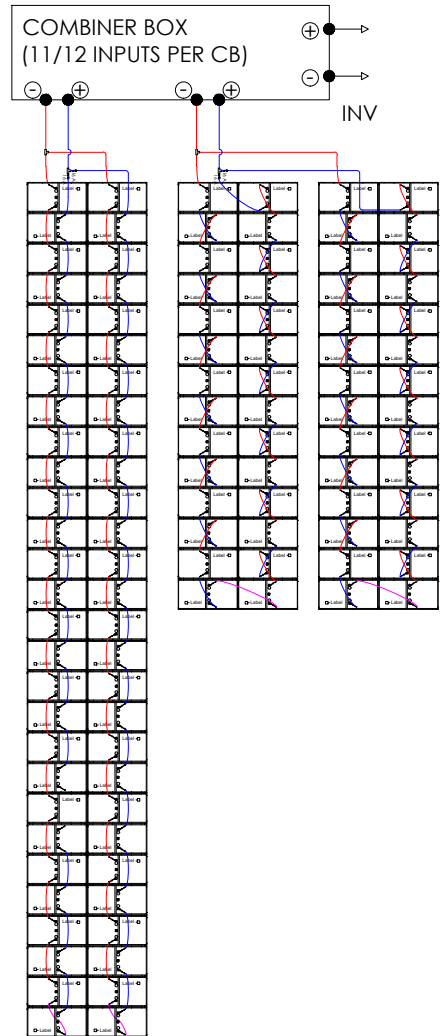
ESCALA: 1":4000'



ESCALA: 1":1750'

<p>TREBALL FINAL DE GRAU EN ENGINYERIA ELECTRONICA INDUSTRIAL I AUTOMÀTICA</p>  <p>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA</p>  <p>Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño</p>	<p>Projecte: PROPOSTA DE PLA DE MANTENIMENT PREVENTIU D'UNA PLANTA FOTOVOLTAICA DE 5 MW SITUADA A L'ESTAT DE NOVA YORK</p>	<p>Plànol: Localització del projecte Solar Gaskill Rd.</p> <p>Autor: Carlos Brocal Guillén (Antara Soluciones Técnicas S.L.)</p> <p>Modificació: Maria Martí i Belda</p>	<p>Data: Juliol 2019</p> <p>Escala: Diverses</p>	<p>Nre Plànol: P01</p>
---	---	---	--	-------------------------------

DETALL 1 escala N/S
Connexió d'strings 1500 V

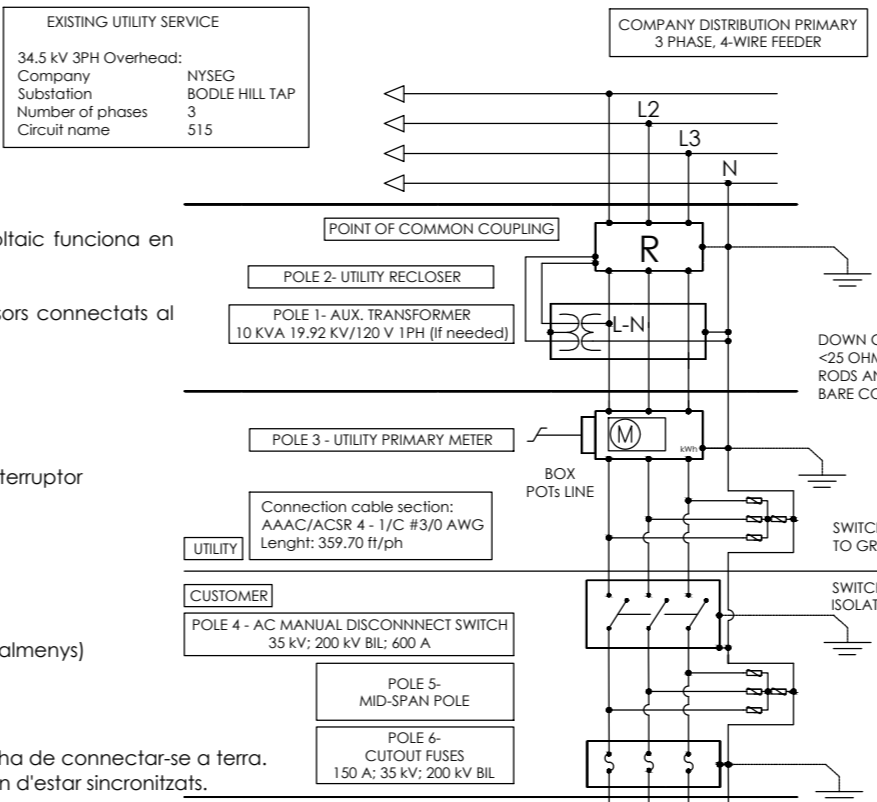
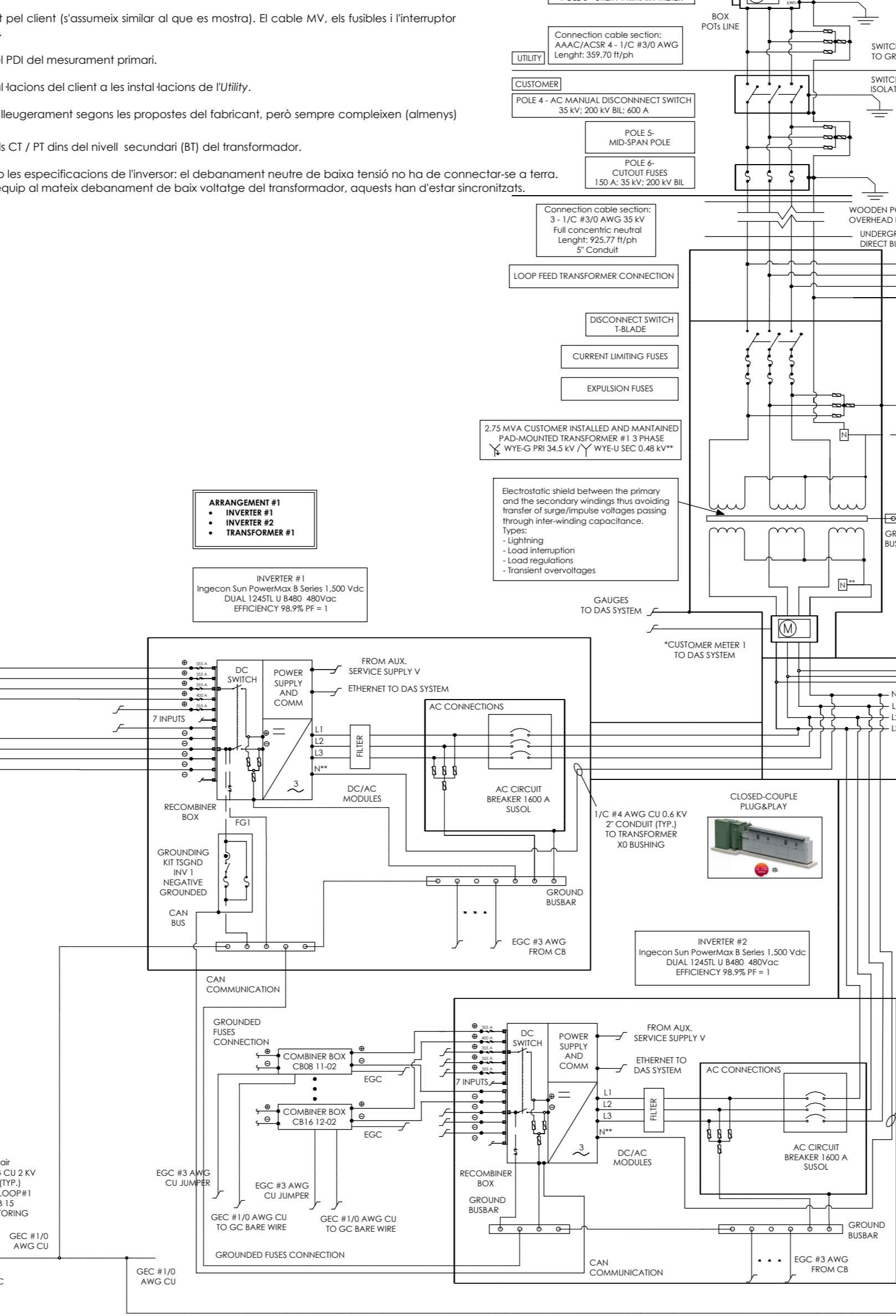
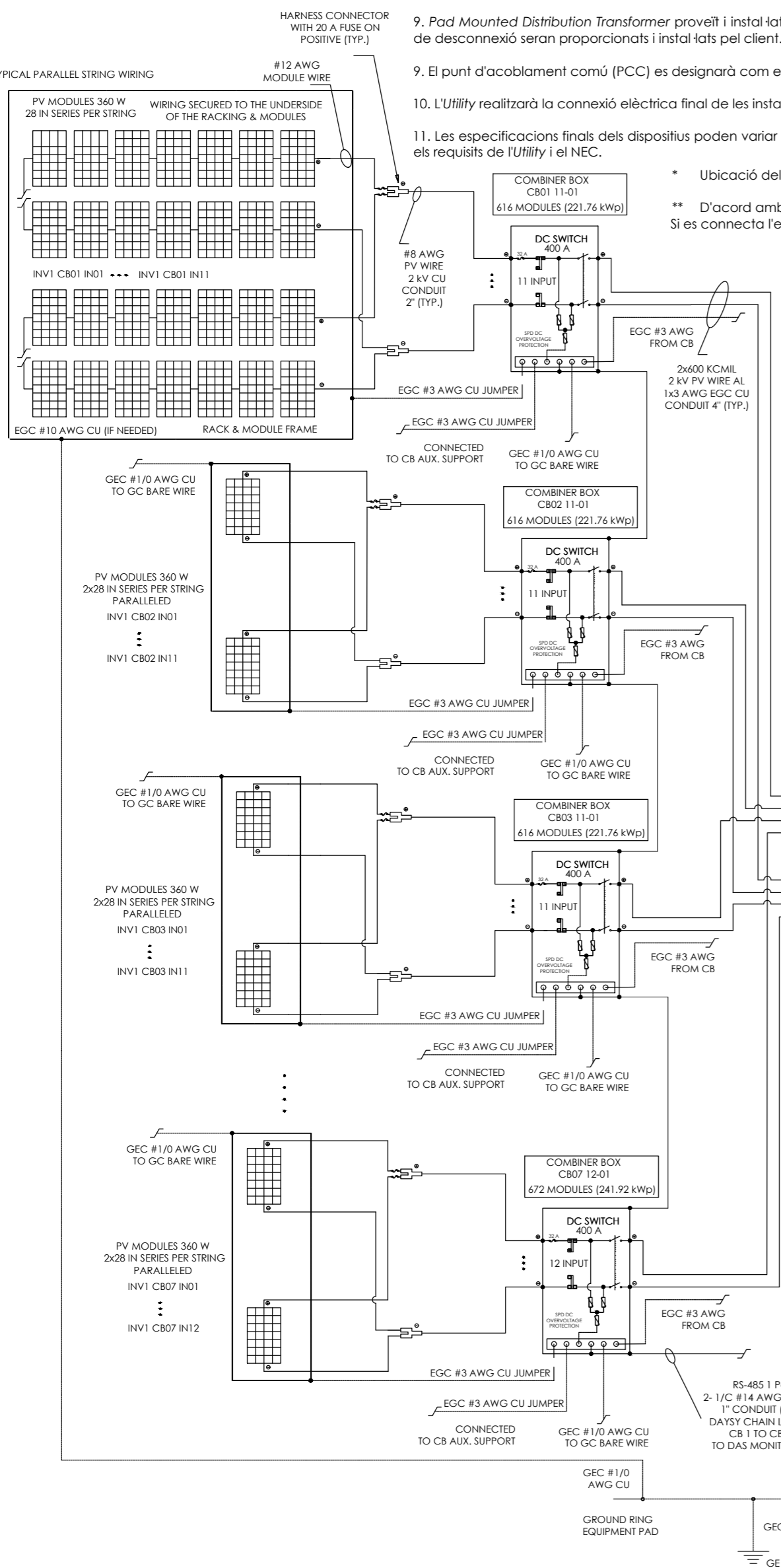


ANOTACIONS:

1. Es defineix el fabricant dels equips principals.
2. L'estació integra tots els components en un conjunt compacte a l'aire lliure: inversor, transformador de muntatge de plataforma i altres equips (monitoratge i equips auxiliars).
3. Les característiques dels String Combiner Box, les proteccions i la configuració final es basen en els paràmetres del mòdul i l'string.
4. La selecció de fusibles del DC Recombiner Box depèn dels paràmetres de string.
5. El sistema fotovoltaic ha d'estar sòlidament connectat a terra. El conductor negatiu es connecta a terra mitjançant un fusible de 5 A en l'inversor fotovoltaic. Quan el generador fotovoltaic funciona en condicions normals, cada cadena fotovoltaica genera corrent.
6. En connectar dues unitats al mateix debanament del transformador, la connexió a terra del sistema ha de ser única i compartida. Per a realitzar aquesta connexió a terra, un dels inversors connectats al debanament del transformador ha de lindre el kit de connexió a terra (-TSGND). Sempre seguiscu els requisits del fabricant.
7. Disjuntor situat en l'inversor amb una indicació visible d'encès / apagat i mitjans de desconexió disponibles en la part frontal de la porta de l'armari de CA

8. La resistència de terra (Rg) serà d'almenys 25 ohms.
9. Pad Mounted Distribution Transformer proveït i instal·lat pel client (s'assumeix similar al que es mostra). El cable MV, els fusibles i l'interruptor de desconexió seran proporcionats i instal·lats pel client.
9. El punt d'acoblament comú (PCC) es designarà com el PDI del mesurament primari.
10. L'Utility realitzarà la connexió elèctrica final de les instal·lacions del client a les instal·lacions de l'Utility i el NEC.
11. Les especificacions finals dels dispositius poden variar lleugerament segons les propostes del fabricant, però sempre compleixen (almenys) els requisits de l'Utility i el NEC.

* Ubicació dels CT / PT dins del nivell secundari (BT) del transformador.
 ** D'acord amb les especificacions de l'inversor: el debanament neutre de baixa tensió no ha de connectar-se a terra. Si es connecta l'equip al mateix debanament de baix voltatge del transformador, aquests han d'estar sincronitzats.



SUMARI PRINCIPAL DE CABLES					
LOCALITZACIÓ	SECCIÓ	COND.	LOCALITZACIÓ	SECCIÓ	COND.
MODULE	12 AWG	CU	COMBINER BOX EGC	3 AWG	CU
STRING (SINGLE)	10 AWG	CU	COMBINER BOX GEC	1/0 AWG	CU
STRING (DOUBLE)	8 AWG	CU	XFMR GEC	1/0 AWG	CU
MV WIRING	3/0 AWG	AL	PV EGC	10 AWG	CU
MV NEUTRAL	16 x 12 AWG	CU	INVERTER AUX. SERVICE	12 AWG	CU
MV GC/GEC	1/0 AWG	CU	AUX. TRANSFORMER GEC	1/0 AWG	CU
COMBINER BOX	600 KCMIL	AL	AUX. LOAD #N	TBD	TBD
PV GEC/GC	1/0 AWG	CU	AUX. LOAD #N EGC	TBD	TBD
INVERTER GEC	1/0 AWG	CU	ETHERNET CABLE	CAT 6	CU
INVERTER NEUTRAL	4/0 AWG	CU	OTHER*	-	-

SYMBOL LEGEND	
	LOAD-BREAK DISCONNECT
	FUSE
	CIRCUIT BREAKER
	DELTA
	GROUND BUSBAR
	LIGHTNING/SURGE ARRESTOR
	METER
	WYE-GROUNDED
	WYE-UNGROUND

ACRONYMS	
EGC: EQUIPMENT GROUNDING CONDUCTOR	GE: GROUNDING ELECTRODE
GEC: GROUNDING ELECTRODE CONDUCTOR	LV: LOW VOLTAGE
PR: PRIMARY	MV: MID VOLTAGE
SEC: SECONDARY	PF: POWER FACTOR
Wp: WATTS PEAK	KW: KILOWATTS
KV: KILOVOLT	N: NEUTRAL
KVA: KILOVOLT AMPERE	MCM: MIL CIRCULAR MILS
AWG: AMERICAN WIRE GAUGE	KCMIL: KILLO CIRCULAR MILS
ST: STRING	FT: FEET
DC: DIRECT CURRENT	KWh: KILOWATTS HOUR
AC: ALTERNATIVE CURRENT	L1: LINE 1
PH: PHASE	L2: LINE 2
GFCI: GROUND FAULT DETECTOR INTERRUPTER DEVICE	L3: LINE 3
COMM: COMMUNICATIONS	SPD: SURGE PROTECTION DEVICE
PF: POWER FACTOR	INV: INVERTER
TCH: TRENCH	DAS: DATA ACQUISITION SYSTEM
XFMR: TRANSFORMER	AU: AUXILIARY
POTS: PLAIN OLD TELEPHONE SERVICE	LD: LOAD
CT: CURRENT TRANSFORMER	VT: VOLTAGE TRANSFORMER
IN: INPUT	NC: NORMALLY CLOSED

TREBALL FINAL DE GRAU EN ENGINYERIA ELECTRÓNICA INDUSTRIAL I AUTOMÀTICA

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

Autor projecte: Carlos Brocal Guillén
 Modificació: Maria Martí i Belda

Projecte: PROPOSTA DE PLA DE MANTENIMENT PREVENTIU D'UNA PLANTA FOTOVOLTAICA DE 5 MW SITUADA A L'ESTAT DE NOVA YORK

Data: Juliol 2019

Plànol: Diagrama elèctric Inversors #1 i #2

Escala: N/S

Nre Plànol: P03

ANOTACIONS:

- Es defineix el fabricant dels equips principals.
- L'estació integra tots els components en un conjunt compacte a l'aire lliure: inversor, transformador de muntatge de plataforma i altres equips (monitoratge i equips auxiliars).
- Les característiques dels String Combiner Box, les proteccions i la configuració final es basen en els paràmetres del mòdul i l'string.
- La selecció de fusibles del DC Recombiner Box depèn dels paràmetres de string.
- El sistema fotovoltaic ha d'estar sòlidament connectat a terra. El conductor negatiu es connecta a terra mitjançant un fusible de 5 A en l'inversor fotovoltaic. Quan el generador fotovoltaic funciona en condicions normals, cada cadena fotovoltaica genera corrent.
- En connectar dues unitats al mateix debanament del transformador, la connexió a terra del sistema ha de ser única i compartida. Per a realitzar aquesta connexió a terra, un dels inversors connectats al debanament del transformador ha de fer el kit de connexió a terra [-TSGND]. Sempre seguísca els requisits del fabricant.
- Disjuntor situat en l'inversor amb una indicació visible d'encés / apagat i mitjans de desconexió disponibles en la part frontal de la porta de l'armari de CA
- La resistència de terra (Rg) serà d'almenys 25 ohms.
- Pad Mounted Distribution Transformer proveït i instal·lat pel client (s'assumeix similar al que es mostra). El cable MV, els fusibles i l'interruptor de desconexió seran proporcionats i instal·lats pel client.
- El punt d'acoblament comú (PCC) es designarà com el PDI del mesurament primari.
- L'Utility realitzarà la connexió elèctrica final de les instal·lacions del client a les instal·lacions de l'Utility.
- Les especificacions finals dels dispositius poden variar lleugerament segons les propostes del fabricant, però sempre compleixen (almenys) els requisits de l'Utility i el NEC.

* Ubicació dels CT / PT dins del nivell secundari (BT) del transformador.
 ** D'acord amb les especificacions de l'inversor: el debanament neutre de baixa tensió no ha de connectar-se a terra. Si es connecta l'equip al mateix debanament de baixa voltatge del transformador, aquests han d'estar sincronitzats.

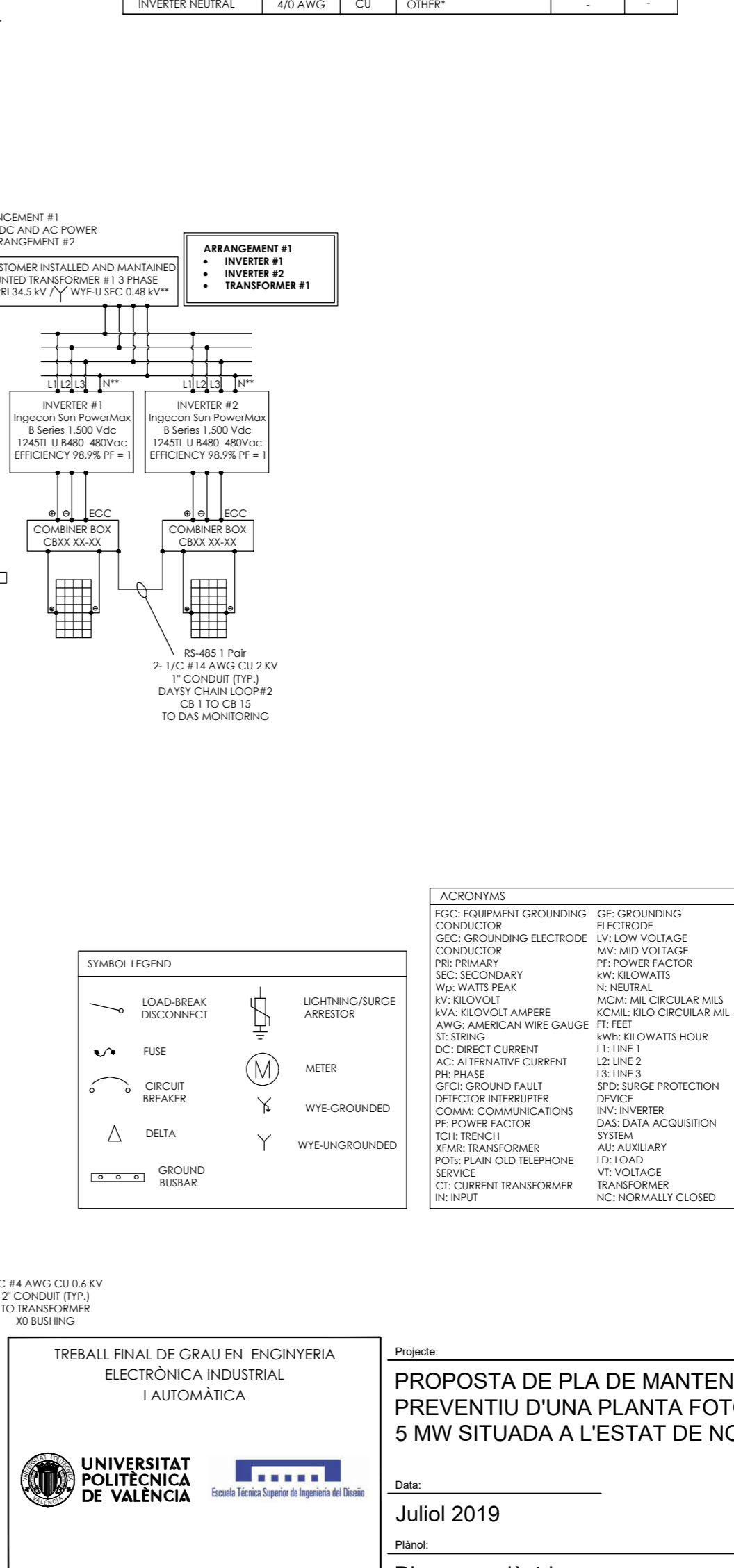
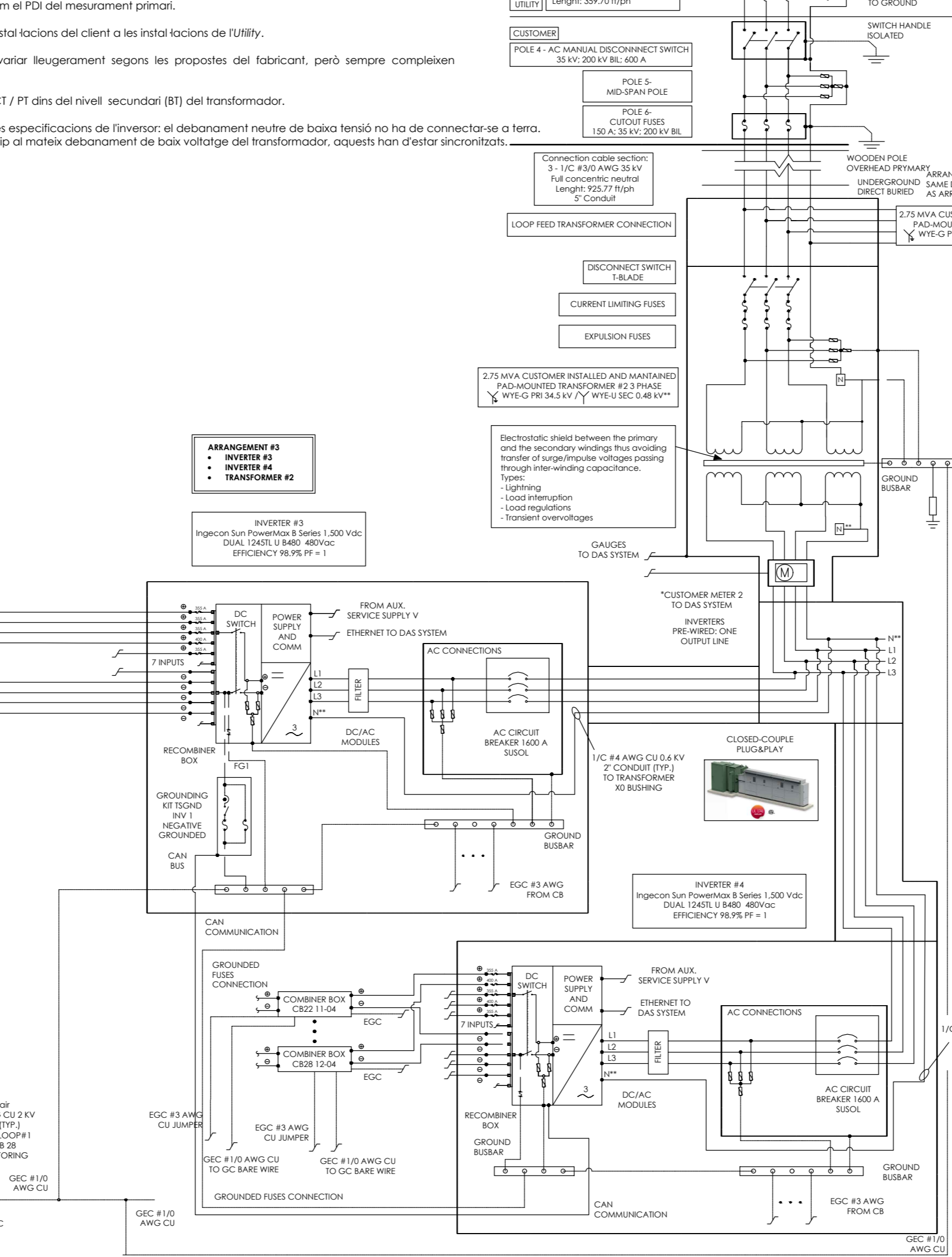
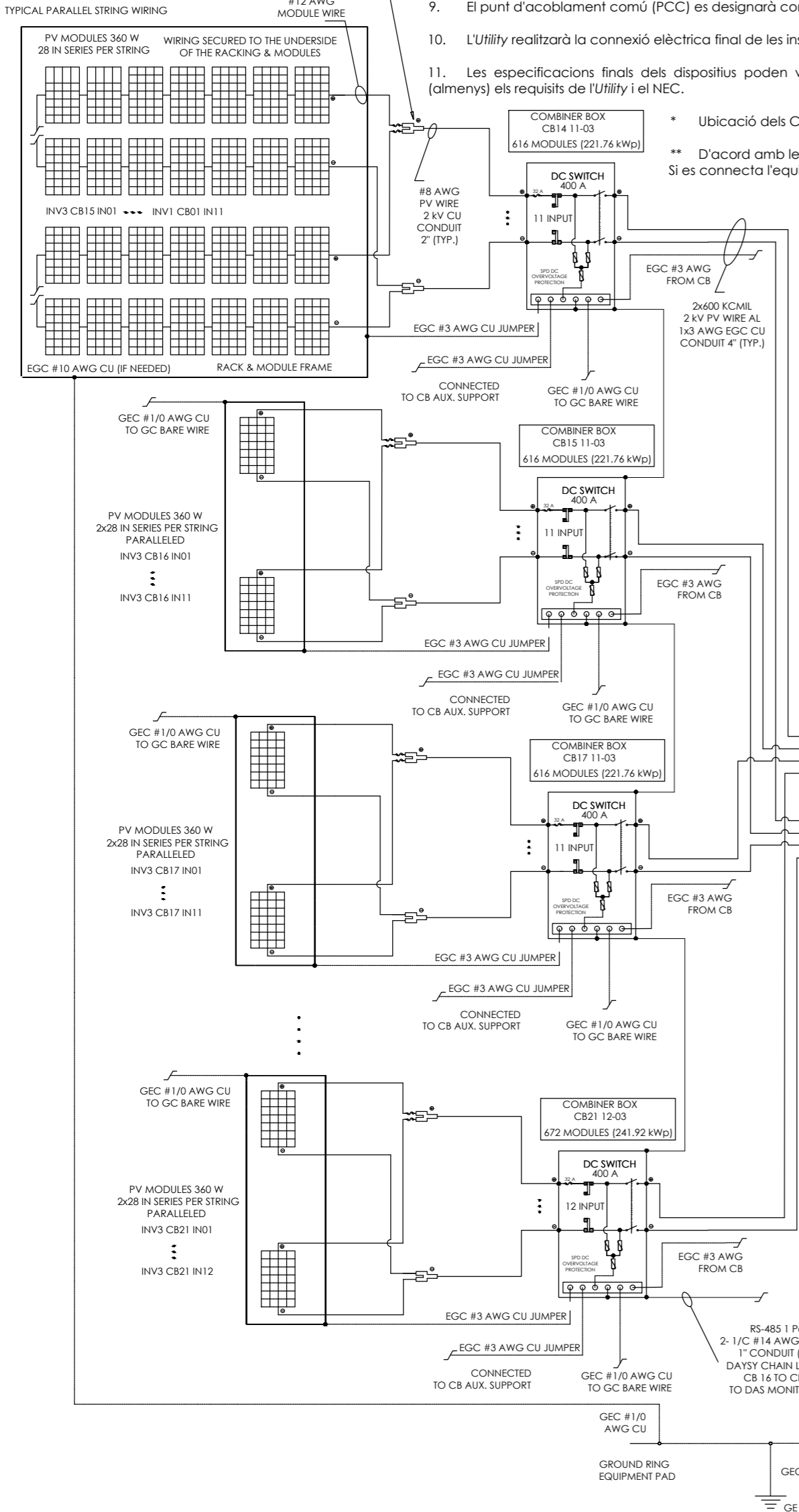
EXISTING UTILITY SERVICE

34.5 kV 3PH Overhead:	
Company:	NYSEG
Substation:	BODLE HILL TAP
Number of phases:	3
Circuit name:	515

COMPANY DISTRIBUTION PRIMARY
3 PHASE, 4-WIRE FEEDER

SUMARI PRINCIPAL DE CABLES

LOCALITZACIÓ	SECCIÓ	COND.	LOCALITZACIÓ	SECCIÓ	COND.
MODULE	12 AWG	CU	COMBINER BOX EGC	3 AWG	CU
STRING (SINGLE)	10 AWG	CU	COMBINER BOX EGC	1/0 AWG	CU
STRING (DOUBLE)	8 AWG	CU	XFMR GEC	1/0 AWG	CU
MV WIRING	3/0 AWG	AL	PV EGC	10 AWG	CU
MV NEUTRAL	16 x 12 AWG	AL	INVERTER AUX. SERVICE	12 AWG	CU
MV GC/GEC	1/0 AWG	CU	AUX. TRANSFORMER GEC	1/0 AWG	CU
COMBINER BOX	600 KCMIL	AL	AUX. LOAD #N	TBD	TBD
PV GEC/GC	1/0 AWG	CU	AUX. LOAD #N EGC	TBD	TBD
INVERTER GEC	1/0 AWG	CU	ETHERNET CABLE	CAT 6	CU
INVERTER NEUTRAL	4/0 AWG	CU	OTHER*	-	-



SYMBOL LEGEND

	LOAD-BREAK DISCONNECT		LIGHTNING/SURGE ARRESTOR
	FUSE		METER
	CIRCUIT BREAKER		WYE-GROUNDED
	DELTA		WYE-UNGROUND
	GROUND BUSBAR		

ACRONYMS

EGC: EQUIPMENT GROUNDING CONDUCTOR	GE: GROUNDING ELECTRODE
GE: GROUNDING ELECTRODE CONDUCTOR	LV: LOW VOLTAGE
PH: PHASE	MV: MID VOLTAGE
PF: POWER FACTOR	KW: KILOWATTS
SEC: SECONDARY	N: NEUTRAL
WP: WATTS PEAK	MCM: MIL CIRCULAR MILS
kV: KILOVOLT	KCMIL: KILO CIRCULAR MIL
kVA: KILOVOLT AMPERE	FT: FEET
AWG: AMERICAN WIRE GAUGE	KWH: KILOWATTS HOUR
ST: STRING	L1: LINE 1
DC: DIRECT CURRENT	L2: LINE 2
AC: ALTERNATIVE CURRENT	L3: LINE 3
PH: PHASE	SPD: SURGE PROTECTION DEVICE
GF: GROUND FAULT DETECTOR INTERRUPTER	INV: INVERTER
COMM: COMMUNICATIONS	DAS: DATA ACQUISITION SYSTEM
PF: POWER FACTOR	TCH: TRENCH
XFMR: TRANSFORMER	AUX: AUXILIARY
POTS: PLAIN OLD TELEPHONE SERVICE	LD: LOAD
CT: CURRENT TRANSFORMER	VT: VOLTAGE TRANSFORMER
IN: INPUT	NC: NORMALLY CLOSED

TREBALL FINAL DE GRAU EN ENGINYERIA ELECTRONICA INDUSTRIAL I AUTOMÀTICA

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

Proyecto: PROPOSTA DE PLA DE MANTENIMENT PREVENTIU D'UNA PLANTA FOTOVOLTAICA DE 5 MW SITUADA A L'ESTAT DE NOVA YORK

Data: Juliol 2019

Plànol: Diagrama elèctric Inversors #3 i #4

Escala: N/S

Nre Plànol: P04

Autor projecte: Carlos Brocal Guillén

Modificació: Maria Martí i Belda

Proposta de Pla de Manteniment Preventiu d'una planta fotovoltaica de 5 MW
situada a l'estat de Nova York

**PROPOSTA DE PLA DE MANTENIMENT PREVENTIU D'UNA
PLANTA FOTOVOLTAICA DE 5 MW SITUADA A L'ESTAT
DE NOVA YORK**

PLEC DE CONDICIONS

ÍNDEX

1	INTRODUCCIÓ	1
2	CONDICIONS LEGALS DEL MANTENIMENT	1
3	CONDICIONS TÉCNIQUES DEL MANTENIMENT.....	2
3.1	Responsabilitats del propietari.....	2
3.2	Responsabilitats de l'empresa de manteniment contractada.....	3
3.2.1	Programa de Manteniment Preventiu i treballs correctius	3
4	CONDICIONS ECONÒMIQUES DEL MANTENIMENT	5

1 INTRODUCCIÓ

L'objectiu del plec de condicions és definir com s'ha de procedir durant l'execució del Pla de Manteniment creat per a aquest projecte de fi de grau. Aquest document inclou les diferents normatives aplicades per al disseny i construcció de la planta així com aquelles relacionades amb el manteniment dels diferents equips, i les condicions que s'han de complir per a la seua correcta execució tant per part de l'empresa contractada com per part del propietari.

Els punts que es tractaran són els següents:

- Condicions legals
- Condicions tècniques
 - Responsabilitats del propietari
 - Responsabilitats de l'empresa de manteniment contractada
- Condicions econòmiques

Aquests termes i condicions són els que tindran en compte a l'hora de formalitzar un contracte de manteniment entre les dues parts en el qual quedaran clars els serveis que ha de proporcionar l'empresa contractada i els preus d'aquests.

2 CONDICIONS LEGALS DEL MANTENIMENT

Durant el disseny i la construcció del projecte solar *Gaskill Rd.* s'han tingut en compte la següent normativa estatunidenca aplicada a plantes fotovoltaïques i els equips i estructures instal·lats en el recinte:

- *National Electric Code (NEC) Edició 2017*
- Estàndards UL 1741 per a inversors i UL 1703 i UL 2703 per a la unió de cables i posada a terra
- Estàndard de l'*American National Standards Institute (ANSI)* i de l'*Occupational Safety and Health Administration (OSHA)* sobre els equips de protecció personal
- *ASCE 7: Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures*
- *2009 International Building Code*
- *NY State Standardized Interconnection Requirements and Application Process (Febrer 2007)*
- *NYSEG SP-1009 Specifications for Customer Electric Service (2.4 kV to 34.5 kV)*
- Estàndard de l'*Institute of Electrical and Electronics Engineers Standards Association*

Aquestes regulacions s'han de tindre en compte a l'hora d'executar les tasques de manteniment planificades per a la planta. Qualsevol modificació elèctrica que es plantege en la instal·lació haurà de consultar-se, abans de dur-la a terme, en l'última edició del NEC.

Els tècnics de manteniment deuen tindre accés als principals documents relacionats amb el manteniment dels equips elèctrics com són els estàndards de l'OSHA, el NEC, especialment l'estàndard NFPA 70B sobre les pràctiques recomanades per al manteniment dels equips elèctrics, i l'estàndard NETA MTS-2019 que inclou les especificacions de les proves de manteniment per a equips i sistemes d'energia elèctrica.

3 CONDICIONS TÉCNIQUES DEL MANTENIMENT

En aquest apartat es mencionen els punts que tant l'empresa propietària com l'empresa contractada deuen complir per a la correcta aplicació del pla de manteniment i, per tant el correcte funcionament de la planta fotovoltaica.

3.1 Responsabilitats del propietari

- El propietari s'assegurarà que, abans del començament dels serveis de Manteniment, cada planta i sistema haurà de complir amb totes les regulacions locals, estatals i federals, i amb els estàndards de la indústria per al disseny d'enginyeria civil, mecànica i elèctrica i la instal·lació i construcció sense defectes materials.
- El propietari proporcionarà a l'empresa contractada tots els manuals d'instal·lació i operació dels equips, llistes de peces de recanvi, especificacions i plànols que s'hagen proporcionat al propietari en virtut de qualsevol contracte de subministrament o per qualsevol altre contractista responsable de la construcció, i instal·lació de la planta o sistema. El propietari també haurà de proporcionar a l'empresa contractada les còpies de tots els acords de projecte i les seues modificacions i qualsevol altre document que defineixen els requisits de funcionament del sistema.
- El propietari deurà comptar amb un sistema d'adquisició de dades ("DAS") en la planta per a cada equip; mantindre una subscripció de servei d'internet com es requereix per al DAS per a la comunicació, i proporcionar a l'empresa mantenidora accés al DAS.

3.2 Responsabilitats de l'empresa de manteniment contractada

El propietari establirà junt amb l'empresa una sèrie de serveis necessaris per al bon funcionament i manteniment de la instal·lació fotovoltaica i els elements d'interconnexió. L'empresa contractada deurà complir els següents punts:

- Compliment de les regulacions locals, estatals i federals, codis i lleis relatives a la seguretat i la salut durant les tasques de manteniment.
- L'execució del Pla de Manteniment Preventiu i els treballs correctius.
- El control i monitoratge del sistema durant les 24 hores del dia els 365 dies de l'any, incloent-hi falles dels equips o altres relacionats amb un comportament anòmal.
- Mantindre totes les infraestructures i equips relatius al sistema fotovoltaic necessaris per al bon funcionament d'aquest i el compliment dels objectius.
- Proveir informes mensuals i anuals sobre el funcionament de la planta i les tasques dutes a terme.
- Executar anualment els tests de potència i degradació dels mòduls segons la normativa IEC 60904-1 a una mostra representativa de mòduls.
- Executar anualment les termografies d'infrarojos a tots els mòduls i les connexions elèctriques dels diferents equips seguint la norma ISO 9712:2012. Es realitzarà baix unes condicions meteorològiques adequades per obtenir els millors resultats.
- Gestió de l'estoc de recanvis, incloent-hi costos com l'assegurança i el transport.

3.2.1 Programa de Manteniment Preventiu i treballs correctius

A l'hora d'executar el Pla de Manteniment Preventiu durant l'operació de la planta, i per assegurar-se'n del seu correcte funcionament, l'empresa de manteniment executarà les següents accions:

- Inspeccionar, verificar i netejar els diferents equips del sistema fotovoltaic.
- Executar anualment el test de PR de la instal·lació.
- Proporcionar un informe mensual dins dels deu dies després del final de cada mes. En aquest s'inclourà:
 - Energia estimada
 - Energia produïda
 - Dades meteorològiques

Proposta de Pla de Manteniment Preventiu d'una planta fotovoltaica de 5 MW
situada a l'estat de Nova York

- Càlcul de PR
 - Serveis de manteniment preventiu duts a terme
 - Tasques de manteniment correctiu efectuades, indicant materials i peces de recanvi utilitzades
- Revisar i mantindre els equips de comunicació en conformitat amb el manual d'usuari del fabricant.
 - Revisar i mantindre els equips de mesurament en conformitat amb el manual d'usuari del fabricant.
 - Realitzar el seguiment i control de la instal·lació fotovoltaica utilitzant el sistema de comunicació proporcionat per a aquest propòsit.
 - Realitzar mesuraments anuals de les corbes I-V mitjançant l'execució de tests en els *strings* seleccionats segons les dades recollides.
 - Registrar tots els serveis realitzats complimentant les Ordres de Manteniment
 - Executar totes les tasques complint les garanties i en conformitat amb els manuals dels fabricants.
 - Consultar la periodicitat de les tasques a executar en les diferents Gammes de Manteniment del Pla de Manteniment Preventiu
 - Els serveis deuen ser realitzats per personal tècnic qualificat.

En el moment que es detecta una falla en algun dels equips de la instal·lació i es precise un manteniment correctiu l'empresa deurà complir el següent:

- Acudir a la instal·lació en 24/48 hores: l'empresa de manteniment ha de respondre enviant un tècnic qualificat per inspeccionar la falla i corregir-la. Les correccions es faran amb el material adequat i amb peces noves i de la mateixa qualitat que les anteriors. En cas de no disposar d'estoc es notificarà a l'empresa propietària per gestionar la compra i enviament de les peces.
- Els serveis de manteniment correctiu deuen incloure:
 - Una anàlisi de la causa de mal funcionament.
 - La reparació o canvi de l'equip o components defectuosos, així com el re-condicionament i la posada en marxa.
 - El transport de les peces de recanvi corresponents de l'àrea d'emmagatzematge a la planta fotovoltaica.
 - L'elaboració d'un informe amb les causes del mal funcionament i els procediments seguits durant la reparació, incloent-hi peces i materials utilitzats.

Proposta de Pla de Manteniment Preventiu d'una planta fotovoltaica de 5 MW
situada a l'estat de Nova York

- Informar immediatament de l'estoc utilitzat a l'empresa propietària per gestionar la compra i enviament de nous efectius.

Les principals garanties que l'empresa mantenidora ha de complir en relació al servei de manteniment són les següents:

- Una disponibilitat de la planta superior al 98,5%, baix penalització per la pèrdua de beneficis.
- Un temps de resposta inferior a les 24 hores.
- Reparacions de les avaries en menys de 48 hores amb una garantia de 12 mesos per cada reparació a menys que la garantia de l'equip reparat siga superior.
- Monitoratge de la planta 24 hores al dia, 365 dies a l'any.
- Contracte d'assegurances, incloent-hi les següents:
 - Assegurança de responsabilitat civil
 - Assegurança dels treballadors
 - Assegurança de responsabilitat civil de vehicles

4 CONDICIONS ECONÒMIQUES DEL MANTENIMENT

Com en el cas d'aquest projecte el manteniment serà executat per una empresa externa els preus per a executar els serveis de manteniment quedaran establits baix contracte abans de l'inici de l'aplicació del Pla de Manteniment. En aquest contracte deuen quedar reflectits els següents preus:

- Tarifa anual dels serveis preventius
- Tarifes per serveis addicionals:
 - Preu per hora de les feines en horari laboral (Dilluns a divendres de 8:00 a 17:00)
 - Preu per hora de les feines en horari extraordinari (Dissabtes, diumenges i festius)
 - Preu per acre de les feines de control de vegetació

Els preus del material necessari per a les accions preventives i correctives, com d'altres serveis addicionals no relacionats directament amb l'empresa mantenidora, serà a càrrec de l'empresa propietària, qui gestionarà la compra i l'enviament de peces al magatzem i la firma dels contractes per als serveis esmentats.

L'objectiu és reduir els pressupostos inicials amb una bona execució i gestió del manteniment, evitant despeses de material i recanvis innecessàries i reduint els costos per serveis addicionals.

Proposta de Pla de Manteniment Preventiu d'una planta fotovoltaica de 5 MW
situada a l'estat de Nova York

**PROPOSTA DE PLA DE MANTENIMENT PREVENTIU D'UNA
PLANTA FOTOVOLTAICA DE 5 MW SITUADA A L'ESTAT
DE NOVA YORK**

PRESSUPOST

ÍNDEX

1	COSTOS DE MANTENIMENT	1
1.1	Introducció	1
1.1.1	Costos fixes	1
1.1.2	Costos variables	1
1.1.3	Costos per falles	1
2	PRESSUPOSTOS PER AL PLA DE MANTENIMENT DEL PROJECTE SOLAR <i>GASKILL RD.</i> ...	2

ÍNDEX DE TAULES

TAULA 1.	PRESSUPOST PER A RBI	2
TAULA 2.	PRESSUPOST PER A HANWA	3
TAULA 3.	PRESSUPOST PER A SOLARBOS	3
TAULA 4.	PRESSUPOST PER A INGETEAM	3
TAULA 5.	PRESSUPOST PER A HUKSEFLUX	4
TAULA 6.	PRESSUPOST PER A GPM	4
TAULA 7.	PRESSUPOST PER A GENERAL CABLE	5
TAULA 8.	PRESSUPOST PER A OKONITE	5
TAULA 9.	PRESSUPOST PER A DRS OPERATION CO	5
TAULA 10.	COSTOS TOTALS	6

1 COSTOS DE MANTENIMENT

1.1 Introducció

A banda de fer una bona planificació, gestió i avaluació del Pla de Manteniment, un dels punts més importants és administrar adequadament aquesta gestió per reduir els costos.

Aquests costos es poden classificar en els tres grups següents:

1.1.1 *Costos fixos*

Aquest tipus de costos són els que engloben els materials que es precisen durant les tasques de manteniment, el lloguer del magatzem i el preu dels serveis de manteniment contractats amb l'empresa que vaja a fer-se'n càrrec i dels serveis contractats amb altres subministradors, com pot ser la llicència de monitoratge o les extensions de garanties [19].

A l'hora d'ajustar els pressupostos, aquests costos són el que es veuran menys afectats per evitar futures despeses extres per falta de recursos.

1.1.2 *Costos variables*

Dins d'aquests costos es troba la mà d'obra i les tasques no incloses en el servei de manteniment contractat, les tasques addicionals i l'estoc de manteniment correctiu [20].

Són el tipus de costos més elevats i difícils de reduir donada la imprevisibilitat de l'ús dels recursos que creen aquestes despeses. El mètode més efectiu per disminuir-los és crear un Pla de Manteniment que reduïska al màxim les despeses per estoc de recanvi i tasques addicionals.

1.1.3 *Costos per falles*

Els costos per falles fan referència a les pèrdues econòmiques generades per les falles dels equips durant l'aplicació d'un Pla de Manteniment

En una instal·lació fotovoltaica aquests costos estan referits principalment a la pèrdua de producció d'energia, tant per l'aturada dels equips durant les reparacions com per l'excessiva tardança a l'hora de realitzar-les.

A pesar que aquests costos no queden contemplats als pressupostos solen ser els més elevats dins de les despeses de manteniment.

2 PRESSUPOSTOS PER AL PLA DE MANTENIMENT DEL PROJECTE SOLAR GASKILL RD.

Per a aquest projecte els pressupostos de les despeses necessàries per al manteniment s'han diferenciat segons el proveïdor al qual es demanarien els materials i serveis. Dins de cada pressupost s'ha diferenciat el tipus de cost (fixe o variable) de cada material o servei utilitzant els següents colors a la casella del codi:

- Blau clar per als costos fixos
- Verd clar per als costos variables

Donat el baix manteniment de les plantes fotovoltaïques la major part dels materials i serveis pressupostats pertanyen al costos variables pertanyents al manteniment correctiu. Els costos de manteniment preventiu, tema principal d'aquest TFG, queden reflectits sobretot en els serveis contractats amb l'empresa mantenidora.

Taula 1. Pressupost per a RBI

CODI	UNITAT	DESCRIPCIÓ	PREU	QUANTITAT	TOTAL
d1	u	RBI			
Materials					
m1	u	HEX HD. GALV. CARGOL + FEMELLA GRAU 5 de 3/8" x 5" (Número de peça: 2GB37X500HH)	\$1,90	5	\$9,50
m2	u	HEX HD. GALV. TEK45 FINE THREAD de #12-24 X 1 1/4" (Número de peça: 2GT12X125HH45)	\$7,00	9	\$63,00
m3	u	HEX HD. GALV. CARGOL + FEMELLA GRAU 5 de 3/8" x 3/4" (Número de peça: 2GB37X075HH)	\$1,00	69	\$69,00
m4	u	HEX HD. GALV. CARGOL + FEMELLA GRAU 5 de 1/2" x 3" (Número de peça: 2GB50X300HH)	\$1,60	9	\$14,40
m5	u	HEX HD. CARGOL + FEMELLA GRAU 8 MAGNI 565 de 3/4" x 5" (Número de peça: 2GB75X500HH)	\$6,00	9	\$54,00
m6	u	HEX HD. GALV. CARGOL + FEMELLA GRAU 5 de 3/8" x 1 1/4" (Número de peça: 2GB37X125HH)	\$1,00	47	\$47,00
m7	u	HEX HD. INOX CARGOL AMB ANTIADHERENT de 5/16"-18 x 3/4" (Número de peça: 2SSB31X075HHAS)	\$0,40	102	\$40,80
m8	u	ANELLA 5/16" d'ACER INOXIDABLE - I.D.=11/32", O.D.=11/16" (Número de peça: 2W31SS)	\$0,40	102	\$40,80
m9	u	ANELLA 5/16" d'ACER INOXIDABLE - I.D.=11/32", O.D.=1"- FENDER (Número de peça: 2W31SS-FENDER)	\$0,40	102	\$40,80
m10	u	FEMELLA FLANGE 5/16" D'ACER INOXIDABLE (Número de peça: 2NUT31SS-FL)	\$0,40	102	\$40,80
				TOTAL	\$420,10

Proposta de Pla de Manteniment Preventiu d'una planta fotovoltaica de 5 MW
situada a l'estat de Nova York

Taula 2. Pressupost per a *HANWA*

CODI	UNITAT	DESCRIPCIÓ	PREU	QUANTITAT	TOTAL
d2	u	HANWA			
Materials					
m11	u	Mòduls	\$146,00	88	\$12.848,00
				TOTAL	\$12.848,00

Taula 3. Pressupost per a *SolarBOS*

CODI	UNITAT	DESCRIPCIÓ	PREU	QUANTITAT	TOTAL
d3	u	SolarBOS			
Materials					
m12	u	String Combiner Box	\$1.300,00	1	\$1.300,00
m13	u	Fusibles de 32 A	\$30,00	12	\$360,00
				TOTAL	\$1.660,00

Taula 4. Pressupost per a *Ingeteam*

CODI	UNITAT	DESCRIPCIÓ	PREU	QUANTITAT	TOTAL
d4	u	Ingeteam			
Materials					
m14	u	Fusibles de 355/400 A	\$350,00	1	\$350,00
m15	u	Fase del block de potència 1500Vdc	\$11.267,95	1	\$11.267,95
m16	u	Unitat de control convertidor 1500Vdc	\$2.564,52	1	\$2.564,52
m17	u	Tauler d'alimentació 1500Vdc	\$1.705,96	1	\$1.705,96
m18	u	Sistema de subministrament 1500 VDC	\$750,09	1	\$750,09
m19	u	Intercanviador de calor / Intercooler	\$1.219,83	1	\$1.219,83
m20	u	Cables de fibra òptica	\$85,91	1	\$85,91
m21	u	Sonda Pt100	\$35,59	1	\$35,59
m22	u	Ventilador del tauler electrònic	\$39,02	1	\$39,02
m23	u	Relé d'accionament	\$54,97	1	\$54,97
m24	u	Contactador de la unitat	\$58,03	1	\$58,03
m25	u	Ventilació de fase de potència Sys 1500Vdc	\$1.280,33	2	\$2.560,66
m26	u	Conjunt de ventilació inductància 1500Vdc	\$1.154,35	1	\$1.154,35
m27	u	Seguiment de ventiladors PWBLCK	\$201,25	1	\$201,25
m28	u	Filtre d'harmònics 1500Vdc	\$1.760,90	1	\$1.760,90
m29	u	Relé 16A	\$19,20	1	\$19,20
m30	u	Sistema de descàrrega BUS	\$99,13	1	\$99,13
m31	u	Convertidor Dual Modbus-tcp convertidor ethernet-wifi	\$566,71	1	\$566,71
m32	u	Pantalla matricial per a inversors trifàsics amb RS485	\$199,25	1	\$199,25
m33	u	Relé 8A	\$6,07	4	\$24,28
m34	u	Interruptor de seguretat	\$16,82	1	\$16,82

Proposta de Pla de Manteniment Preventiu d'una planta fotovoltaica de 5 MW
situada a l'estat de Nova York

m35	u	SET interruptor magneto tèrmic de 0,1 a 0,16A	\$62,70	1	\$62,70
m36	u	Fusible 5A 1000Vdc 10x38	\$3,42	1	\$3,42
m37	u	Interruptor magneto tèrmic 32A	\$123,42	2	\$246,84
m38	u	Kit interruptor de AC motoritzat CA LSIS 85 kA	\$2.798,89	1	\$2.798,89
m39	u	SET interruptor motoritzat 4P 2000A 1500Vdc	\$5.189,75	1	\$5.189,75
m40	u	Detector de sobretensions de tipus II 1500Vdc	\$332,88	1	\$332,88
m41	u	SET Botó d'aturada d'emergència	\$58,86	1	\$58,86
m42	u	Panell de posada a terra	\$574,52	1	\$574,52
m43	u	Resistència tubular del kit de posada a terra	\$44,96	1	\$44,96
m44	u	Fusible 20A 1500VDC 10x85mm	\$9,51	3	\$28,53
m45	u	Fusible 400A 1500VDC gPV	\$116,91	1	\$116,91
m46	u	Panell de 16 strings	\$319,68	1	\$319,68
m47	u	Panell de comunicació RS485	\$54,03	1	\$54,03
m48	u	Font d'alimentació ACDC 30W 15VDC	\$74,46	1	\$74,46
m49	u	Sensor de corrent 500A	\$65,37	2	\$130,74
m50	u	Filtre d'aire 615x1370	\$9,00	1	\$9,00
m51	u	Filtre d'aire 620x497	\$9,00	1	\$9,00
Tarifes de Manteniment					
f12	u	Extensió de garantia dels inversors	\$1.300,00	1	\$1.300,00
f13	u	Permis de remodelació dels inversors	\$8.000,00	1	\$8.000,00
				TOTAL	\$44.089,59

Taula 5. Pressupost per a *Hukseflux*

CODI	UNITAT	DESCRIPCIÓ	PREU	QUANTITAT	TOTAL
d5	u	Hukseflux			
Materials					
m52	u	Actinòmetre	\$2.127,00	1	\$2.127,00
				TOTAL	\$2.127,00

Taula 6. Pressupost per a *GPM*

CODI	UNITAT	DESCRIPCIÓ	PREU	QUANTITAT	TOTAL
d6	u	GPM			
Materials					
m53	u	Moxa UC8112 (Ordinador industrial)	\$2.472,00	1	\$2.472,00
m54	u	IOLOGIK E1210	\$218,00	1	\$218,00
m55	u	IOLOGIK 1260 (per a la lectura del sensor PT1000)	\$299,00	1	\$299,00
m56	u	Bateria de 24V 7.2Ah	\$224,00	1	\$224,00

Proposta de Pla de Manteniment Preventiu d'una planta fotovoltaica de 5 MW
situada a l'estat de Nova York

m57	u	NPORT 5232-I (per als mesuradors, l'estació meteorològica o la monitorització)	\$305,00	1	\$305,00
Tarifes de Manteniment					
f4	u	Informes automàtics (3 primers anys) - GPM	\$150,00	1	\$150,00
f5	u	Llicència de monitoratge anual - GPM	\$1.050,00	1	\$1.050,00
f11	u	Servei d'internet	\$700,00	1	\$700,00
TOTAL					\$5.418,00

Taula 7. Pressupost per a *General Cable*

CODI	UNITAT	DESCRIPCIÓ	PREU	QUANTITAT	TOTAL
d7	u	General Cable			
Materials					
m58	u	Connector simple MC4	\$1,40	20	\$28,00
m59	u	Connector d'string MC4 (POS)	\$36,00	5	\$180,00
m60	u	Connector d'string MC4 (NEG)	\$19,00	5	\$95,00
TOTAL					\$303,00

Taula 8. Pressupost per a *Okonite*

CODI	UNITAT	DESCRIPCIÓ	PREU	QUANTITAT	TOTAL
d8	u	Okonite			
Materials					
m61	u	Fusibles per a pal de mitja tensió (3 fusibles)	\$150,00	3	\$450,00
TOTAL					\$450,00

Taula 9. Pressupost per a *DRS Operation Co*

CODI	UNITAT	DESCRIPCIÓ	PREU	QUANTITAT	TOTAL
d9	u	DRS Operation Co			
m62	u	Càmera d'infrarojos	\$500,00	1	\$500,00
m63	u	SET d'equips de protecció individual	\$200,00	3	\$600,00
m64	u	SET de ferramentes	\$50,00	3	\$150,00
Tarifes de Manteniment					
f1	u	Serveis de Manteniment preventiu i monitoratge contractats	\$20.000,00	1	\$20.000,00
f2	u	Neteja de neu	\$500,00	1	\$500,00
f3	acre	Control de vegetació	\$200,00	26,36	\$5.272,00
f6	h	Mà d'obra i servei addicional horari laboral (Dilluns-Divendres de 8h a 17h)	\$100,00	16	\$1.600,00
f7	h	Mà d'obra i servei addicional horari no laboral (cap de setmana i festius)	\$150,00	8	\$1.200,00
f8	h	Mà d'obra serveis addicionals (tècnics electricistes)	\$40,00	16	\$640,00

Proposta de Pla de Manteniment Preventiu d'una planta fotovoltaica de 5 MW
situada a l'estat de Nova York

f9	h	Mà d'obra serveis addicionals (tècnics de neteja)	\$30,00	4	\$120,00
f10	h	Mà d'obra serveis addicionals (encarregat de manteniment)	\$80,00	4	\$320,00
f14	mth	Emmagatzematge (lloguer, assegurança i transport)	\$1.000,00	12	\$12.000,00
TOTAL					\$41.822,00

Amb els pressupostos preparats per a cada un dels proveïdors podem fer el càlcul dels costos totals del manteniment del projecte solar *Gaskill Rd.*:

Taula 10. Costos totals

CODI	UNITAT	DESCRIPCIÓ	PREU (\$)	QUANTITAT	TOTAL
d1	u	RBI	\$420,10	1	\$420,10
d2	u	HANWA	\$12.848,00	1	\$12.848,00
d3	u	SolarBOS	\$1.660,00	1	\$1.660,00
d4	u	Ingeteam	\$44.089,59	1	\$44.089,59
d5	u	Hukseflux	\$2.127,00	1	\$2.127,00
d6	u	GPM	\$5.418,00	1	\$5.418,00
d7	u	General Cable	\$303,00	1	\$303,00
d8	u	Okonite	\$450,00	1	\$450,00
d9	u	DRS Operation Co	\$41.822,00	1	\$41.822,00
TOTAL					\$109.137,69

Veient la taula es pot apreciar que els pressupostos més elevats corresponen als proveïdors dels equips més importants de la instal·lació, com són els mòduls fotovoltaics (HANWA) i els inversors (Ingeteam), i a l'empresa mantenidora (DRS Operation Co).

En el cas de les despeses en materials dels dos proveïdors mencionats, l'alt cost de cada un reflectit en els pressupostos queda reduït si tenim en compte que els recanvis pressupostats són comuns en més d'un projecte solar gestionat per la mateixa empresa mantenidora i que, per tant, per a un conjunt de dos o tres projectes, s'usarien els materials recollits en aquest pressupost, reemplaçant-los en cas de ser utilitzats.

La mà d'obra de les tasques de manteniment preventiu està inclosa en el preu de Serveis de Manteniment preventiu i monitoratge contractats, acordat amb l'empresa mantenidora abans de firmar el contracte. Per tant, els preus de mà d'obra reflectits al pressupost seran aquells a pagar per serveis addicionals.

Cal aclarir que tots els preus d'aquest pressupost s'han obtingut mitjançant proveïdors nord-americans donada la localització de la planta fotovoltaica, motiu pel qual la moneda utilitzada és el dòlar estatunidenc (\$).

CONCLUSIONS

Donat que el projecte solar *Gaskill Rd.* es troba en construcció, l'aplicació real del Pla de Manteniment Preventiu proposat no podrà dur a terme fins que la planta fotovoltaica es trobe en funcionament, sent aleshores quan es farà l'estudi corresponent dels mètodes aplicats en el pla per decidir quines modificacions s'han de dur a terme per tal de millorar-lo.

Després d'haver estat estudiant quina era la millor forma d'organitzar el manteniment sí que podem concloure que, tenint en compte el baix manteniment que precisa, les tasques han de quedar ben definides i estructurades en el temps de forma que la inspecció dels equips siga prou freqüent per a evitar falles però no tant com per a fer pujar el preu del manteniment. Una bona avaluació dels manteniments també ajudarà a reduir els costos de les tasques correctives entre altres, per aquest motiu els treballs duts a terme han de quedar ben descrits a les Ordres de Manteniment identificant correctament els equips i, com en aquest cas l'encarregat del manteniment és una empresa externa, la comunicació entre l'empresa contractada i la propietària ha de ser freqüent i adequada per tal de tindre ambdues parts els diferents informes fets durant l'any de manteniment, incloent-hi els de monitoratge.

Quant al plec de condicions cal destacar la importància de complir la normativa, en aquest cas l'estatunidenca, tant per part de les dues empreses com pels tècnics que duran a terme les tasques, i la importància de la gestió del manteniment, fent un incís en la recopilació de documentació, tant de manteniment com dels equips i la planta fotovoltaica en conjunt, i en la definició dels termes a complir i els preus que s'establiran durant el primer any de manteniment. El pressupost establert per al primer any de manteniment s'anirà ajustant paral·lelament al Pla de Manteniment, reduint o augmentant la quantitat d'estoc de recanvi entre d'altres, l'objectiu es anar ajustant les despeses en funció de les necessitats de la planta i reduint al màxim les tasques correctives que suposen els costos més elevats donada la seua imprevisibilitat.

Personalment, durant l'elaboració d'aquest projecte he après amb més profunditat quin és el funcionament d'una planta fotovoltaica i els equips que la formen i quines són les pràctiques que permeten que el seu rendiment siga el màxim, especialment en el camp del manteniment. Gràcies a les cerques d'informació fetes durant el projecte i els coneixements que ja havia adquirit durant els estudis en el Grau d'Enginyeria Electrònica Industrial i Automàtica he pogut desenvolupar el TFG presentat ampliant allò que ja sabia i coneixent des de l'experiència de treballar amb una empresa una de les possibles aplicacions d'allò que he estudiat durant els últims quatre anys.

BIBLIOGRAFIA

- [1] National Renewable Energy Laboratory (NREL), «Global Horizontal Solar Resource of New York», *Global Horizontal Solar Resource of New York*, 04-abr-2017. [En línia]. Disponible a: <https://www.nrel.gov/gis/images/state-level-resource-maps/ghi/New-York-ghi-2017-01.jpg>. [Consulta: 25-maig-2019].
- [2] New York State Government, «The Clean Energy Standard Order», 01-ago-2016. [En línia]. Disponible a: <http://documents.dps.ny.gov/public/Common/ViewDoc.aspx?DocRefId=%7b44C5D5B8-14C3-4F32-8399-F5487D6D8FE8%7d>. [Consulta: 25-maig-2019].
- [3] Okoguard, «UNDERGROUND RESIDENTIAL DISTRIBUTION CABLE». [En línia]. Disponible a: https://www.okonite.com/media/catalog/product/files/OSC_2015_Revised_Oct.pdf [Consulta: 04-juny-2019].
- [4] Eaton, «Three-phase pad-mounted compartmental type transformer installation and maintenance instructions». 2015. [En línia]. Disponible a: <https://www.eaton.com/content/dam/eaton/products/medium-voltage-power-distribution-control-systems/cooper-power-series-transformers/three-phase-pad-mounted-compartmental-type-transformer-installation-and-maintenance-instructions-mn202001en.pdf> [Consulta: 04-juny-2019].
- [5] General Cable, «Low Voltage eBook (0200-C0050-0E) - General Cable®». [En línia]. Disponible a: https://www.generalcable.com/eu/gc_pvapp/1959#page/1. [Consulta: 04-juny-2019].
- [6] HANWA, «Q.PEAK DUO L-G5.2 : Utility : SOLAR MODULES : PRODUCTS : Q CELLS Data Sheet». Disponible a: https://www.q-cells.com/dam/jcr:2686e37d-2acd-40c4-8de6-3950b36d4368/Hanwha_Q_CELLS_Data_sheet_QPEAK_DUO_L-G5.2_380-395_2018-04_Rev04_AU.pdf [Consulta: 04-juny-2019].
- [7] HANWA, «Q.PEAK DUO L-G5.2 : Utility : SOLAR MODULES : PRODUCTS : Q CELLS Installation Manual». Disponible a: https://www.q-cells.com/dam/jcr:2906b697-f5ea-4ca8-a026-b8a59b7d0f6f/Hanwha_Q_CELLS_Installation_Manual_Solar_modules_Q.PEAK_DUO-G5.X_2018-03_Rev02_AU.pdf [Consulta: 04-juny-2019].
- [8] Ingeteam, «1500Vdc - Dual U B Series Datasheet». Disponible a: <https://www.ingeteam.com/Download/2767/attachment/dual-ingecon-sun-ul-b-series-family-at-1500vdc.pdf.aspx> [Consulta: 04-juny-2019].
- [9] SolarBOS, «1500 VDC Disconnect Combiners Isolating - Data Sheet». Disponible a: http://www.solarbos.com/content/common/common.download_file.php?action_special=download_file&sid=eb57460874134cc4643438ad815d3f5e&download_file_id=1641768 [Consulta: 04-juny-2019].

Proposta de Pla de Manteniment Preventiu d'una planta fotovoltaica de 5 MW
situada a l'estat de Nova York

- [10] SolarBOS, «1500 VDC Disconnect Combiners Isolating - Manual». Disponible a: http://www.solarbos.com/content/common/common.download_file.php?action_special=download_file&sid=1a009448b9baf8b8c8966358c11d8f3a&download_file_id=923611 [Consulta: 04-juny-2019].
- [11] «LUFFT WS501 Datasheet». [En línia]. Disponible a: <https://www.lufft.com/products/compact-weather-sensors-293/ws501-umb-smart-weather-sensor-1839/productAction/outputAsPdf/>. [Consulta: 04-juny-2019].
- [12] «manual-lufft-ws501-weather-sensor-en». [En línia]. Disponible a: <https://www.lufft.com/download/manual-lufft-wsxxx-weather-sensor-en/>. [Consulta: 04-juny-2019].
- [13] «SR30_manual_v1804_0». [En línia]. Disponible a: https://www.hukseflux.com/uploads/product-documents/SR30_manual_v1804_0.pdf. [Consulta: 04-juny-2019].
- [14] «SR30_v1702_0_datasheet». [En línia]. Disponible a: https://www.hukseflux.com/uploads/product-documents/SR30_v1702_0.pdf. [Consulta: 04-juny-2019].
- [15] «EFNMS – Publications». Disponible a: <http://www.efnms.eu/committees/european-maintenance-assessment-committee-ematic/publications> [Consulta: 12-juny-2019].
- [16] «MTBF (Mean Time Between Failure) MTTR (Mean Time To Repair) and Reliability Calculator - EPSILON ENGINEER». [En línia]. Disponible a: <https://www.epsilonengineer.com/mtbf-mttr-and-reliability.html> [Consulta: 12-juny-2019].
- [17] *NEC 2017, National Electrical Code*, 2017 ed. Quincy, Mass: National Fire Protection Assoc., NFPA, 2017.
- [18] C. Whaley, «Best Practices in Photovoltaic System Operations and Maintenance: 2nd Edition», NREL/TP--7A40-67553, 1336898, des. 2016. Disponible a: <https://www.nrel.gov/docs/fy17osti/67553.pdf> [Consulta: 30-juny-2019].
- [19] «Costes fijos | Concepto de costes fijos | Ejemplos de costos fijos», *Emprende Pyme*, 12-jul-2017. Disponible a: <https://www.emprendepyme.net/costes-fijos.html> [Consulta: 30-juny-2019].
- [20] «Costes variables | Ejemplo de costos variables», *Emprende Pyme*, 12-jul-2017. Disponible a: <https://www.emprendepyme.net/costes-variables.html> [Consulta: 30-juny-2019].

Proposta de Pla de Manteniment Preventiu d'una planta fotovoltaica de 5 MW
situada a l'estat de Nova York

**PROPOSTA DE PLA DE MANTENIMENT PREVENTIU D'UNA
PLANTA FOTOVOLTAICA DE 5 MW SITUADA A L'ESTAT
DE NOVA YORK**

ANNEXE: DOCUMENTACIÓ DEL PLA DE MANTENIMENT

ÍNDEX

A I.1	FITXES TÈCNIQUES	1
A I.1.1	Estructures	1
A I.1.2	Mòduls	2
A I.1.3	String Combiner Box	3
A I.1.4	Inversors	5
A I.1.5	Transformadors	7
A I.1.6	Sistema SCADA	8
A I.1.7	Estació meteorològica	9
A I.1.8	Cablejat elèctric de baixa tensió (Array)	11
A I.1.9	Cablejat elèctric de baixa tensió (Equipment Pad)	12
A I.1.10	Cablejat elèctric de mitja tensió	13
A I.1.11	Cable de comunicació	14
A I.2	GAMMES DE MANTENIMENT	15
A I.2.1	Gamma de Manteniment d'operació anual	15
A I.2.2	Gamma de Manteniment d'operació semestral	17
A I.2.3	Gamma de Manteniment elèctrica anual	18
A I.2.4	Gamma de Manteniment mecànica anual	20
A I.2.5	Gamma de Manteniment elèctrica 5-anys	21
A I.2.6	Gamma de Manteniment mecànica 5-anys	22
A I.2.7	Gamma de Manteniment d'operació 5-anys	23
A I.3	PLANIFICADORS	24
A I.3.1	Planificador de les tasques del recinte	24
A I.3.2	Planificador de les tasques per als mòduls	25
A I.3.3	Planificador de les tasques per als String Combiner Box	27
A I.3.4	Planificador de les tasques per als inversors	28
A I.3.5	Planificador de les tasques per als transformadors	29
A I.3.6	Planificador de les tasques per al sistema SCADA	30
A I.3.7	Planificador de les tasques per a l'estació meteorològica	31
A I.3.8	Planificador de les tasques per al cablejat elèctric	32
A I.4	EXEMPLE D'ORDRE DE MANTENIMENT D'UN INVERSOR	33

A I.1 FITXES TÈCNiques

A I.1.1 Estructures

FITXA TÈCNICA		
EQUIP	ESTRUCTURES	
CODIFICACIÓ	RK-ROWx	
Nre SÈRIE	--	
FABRICANT	RBI Solar	CONTACTE --
MODEL	2V estàndard	
DADES GENERALS		
<ul style="list-style-type: none"> • Instal·lació de 2 mòduls en vertical • Inclinació fixa a 25º 		
ESPECIFICACIONS		
RECANVIS NECESSARIS		
<ul style="list-style-type: none"> • HEX HD. GALV. CARGOL + FEMELLA GRAU 5 de 3/8" x 5" (Número de peça: 2GB37X500HH) • HEX HD. GALV TEK45 FINE THREAD de #12-24 X 1 1/4" (Número de peça: 2GT12X125HH45) • HEX HD. GALV. CARGOL + FEMELLA GRAU 5 de 3/8" x 3/4" (Número de peça: 2GB37X075HH) • HEX HD. GALV. CARGOL + FEMELLA GRAU 5 de 1/2" x 3" (Número de peça: 2GB50X300HH) • HEX HD. CARGOL + FEMELLA GRAU 8 MAGNI 565 de 3/4" x 5" (Número de peça: 2GB75X500HH) • HEX HD. GALV. CARGOL + FEMELLA GRAU 5 de 3/8" x 1 1/4" (Número de peça: 2GB37X125HH) • HEX HD. INOX CARGOL AMB ANTIADHERENT de 5/16"-18 x 3/4" (Número de peça: 2SSB31X075HHAS) • ANELLA 5/16" d'ACER INOXIDABLE - I.D.=11/32", O.D.=11/16" (Número de peça: 2W31SS) • ANELLA 5/16" d'ACER INOXIDABLE - I.D.=11/32", O.D.=1" - FENDER (Número de peça: 2W31SS-FENDER) • FEMELLA FLANGE 5/16" D'ACER INOXIDABLE (Número de peça: 2NUT31SS-FL) 		

Proposta de Pla de Manteniment Preventiu d'una planta fotovoltaica de 5 MW
situada a l'estat de Nova York

A I.1.2 Mòduls

FITXA TÈCNICA	
EQUIP	MÒDULS + CABLE
CODIFICACIÓ	M-ROWx-U/L + LV-STRz-INPy-CBx
Nre SÈRIE	--
FABRICANT	HANWA CONTACTE --
MODEL	Q.PLUS DUO L-G5.2
DADES GENERALS	
<ul style="list-style-type: none"> • Nre. de mòduls: 17472 • Nre. d'<i>strings</i> en sèrie: 28 • Cable inclòs 	
ESPECIFICACIONS	
<ul style="list-style-type: none"> • Format: 79.3 x 39.4 x 1.38in • 0.13in de vidre pre-estressat tèrmicament amb tecnologia anti-reflexió • 6 x 24 mitges cèl·lules solars multi-cristal·lines Q.ANTUM • Potència (MPP) de 360 W • Intensitat (MPP) de 9.35 A • Tensió (MPP) de 38.52 V • Tensió màxima del sistema de 1500 V 	
RECANVIS NECESSARIS	
<ul style="list-style-type: none"> • 0.5% del nombre total de mòduls 	

A I.1.3 *String Combiner Box*

FITXA TÈCNICA	
EQUIP	<i>STRING COMBINER BOX</i>
CODIFICACIÓ	CBx-11
Nre SÈRIE	--
FABRICANT	SolarBOS CONTACTE --
MODEL	ISOLATING DISCONNECT COMBINER 1500 V _{DC} NEMA 4
DADES GENERALS	
<ul style="list-style-type: none"> • Quantitat: 24 • Nre. d'entrades: 11 • Amb proteccions contra sobretensions 	
ESPECIFICACIONS	
<ul style="list-style-type: none"> • Interruptor de desconnexió de 400 A • Intensitat màxima de 400 A • Dimensions: 30 x 24 x 8in 	
RECANVIS NECESSARIS	
<ul style="list-style-type: none"> • <i>String Combiner Box</i> • Fusibles de 32 A 	

Proposta de Pla de Manteniment Preventiu d'una planta fotovoltaica de 5 MW
situada a l'estat de Nova York

FITXA TÈCNICA	
EQUIP	<i>STRING COMBINER BOX</i>
CODIFICACIÓ	CBx-12
Nre SÈRIE	--
FABRICANT	SolarBOS CONTACTE --
MODEL	ISOLATING DISCONNECT COMBINER 1500 V _{DC} NEMA 4
DADES GENERALS	
<ul style="list-style-type: none"> • Quantitat: 4 • Nre. d'entrades: 12 • Amb proteccions contra sobretensions 	
ESPECIFICACIONS	
<ul style="list-style-type: none"> • Interruptor de desconnexió de 400 A • Intensitat màxima de 400 A • Dimensions: 30 x 24 x 8in 	
RECANVIS NECESSARIS	
<ul style="list-style-type: none"> • <i>String Combiner Box</i> • Fusibles de 32 A 	

A I.1.4 Inversors

FITXA TÈCNICA	
EQUIP	INVERSORS
CODIFICACIÓ	INVx
Nre SÈRIE	--
FABRICANT	Ingeteam CONTACTE
MODEL	DUAL 1245TL U B480
DADES GENERALS	
<ul style="list-style-type: none"> • Quantitat: 4 • 7 entrades de DC • Protecció contra sobreintensitats i sobretensions en DC • Desconnexió en DC motoritzada • Disjuntor d'AC 	
ESPECIFICACIONS	
<ul style="list-style-type: none"> • Entrades DC: <ul style="list-style-type: none"> ○ Rang de potències recomanades: 2468 – 3244 V ○ Rang de tensions (MPP): 697 – 1300 V ○ Tensió màxima de 1500 V ○ Intensitat màxima de 1850 A (per bloc) • Eixides AC: <ul style="list-style-type: none"> ○ Potència NEMA 4 de 2494 kVA / 2244 kVA ○ Tensió nominal de 480 V 	
RECANVIS NECESSARIS	
<ul style="list-style-type: none"> • Fusibles de 355/400 A • Fusibles de 3500 A per al panel de commutadors • ABKQ0252 POWER STACK <ul style="list-style-type: none"> ○ Fase del <i>block</i> de potència 1500Vdc ○ Unitat de control convertidor 1500Vdc ○ Tauler d'alimentació 1500Vdc ○ Sistema de subministrament 1500 V_{DC} ○ Intercanviador de calor / Intercooler ○ Cables de fibra òptica ○ Sonda Pt100 ○ Ventilador del tauler electrònic 	

Proposta de Pla de Manteniment Preventiu d'una planta fotovoltaica de 5 MW
situada a l'estat de Nova York

- *Block* de potència
 - Relé d'accionament
 - Contactor de la unitat
 - Ventilació de fase de potència Sys 1500Vdc
 - Conjunt de ventilació inductància 1500Vdc
 - Seguiment de ventiladors PWBLCK
 - Filtre d'harmònics 1500Vdc
 - Relé 16A

- Gabinet de connexió
 - Sistema de descàrrega BUS
 - Convertidor Dual Modbus-tcp convertidor ethernet-wifi
 - Pantalla matricial per a inversors trifàsics amb RS485
 - Relé 8A
 - Interruptor de seguretat
 - SET interruptor magneto tèrmic de 0,1 a 0,16A
 - Fusible 5A 1000Vdc 10x38
 - Interruptor magneto tèrmic 32A
 - Kit interruptor de AC motoritzat CA LSIS 85 kA
 - SET interruptor motoritzat 4P 2000A 1500Vdc
 - Detector de sobretensions de tipus II 1500Vdc
 - SET Botó d'aturada d'emergència

- Kit de posada a terra
 - Panell de posada a terra
 - Resistència tubular del kit de posada a terra
 - Fusible 20A 1500VDC 10x85mm
 - Fusible 400A 1500VDC gPV

- Kit de monitorització d'*strings*
 - Panell de 16 *strings*
 - Panell de comunicació RS485
 - Font d'alimentació ACDC 30W 15VDC
 - Sensor de corrent 500A

- Filtres d'aire
 - Filtre d'aire 615x1370
 - Filtre d'aire 620x497

A I.1.5 Transformadors

FITXA TÈCNICA	
EQUIP	TRANSFORMADORS
CODIFICACIÓ	TFx
Nre SÈRIE	--
FABRICANT	Eaton CONTACTE
MODEL	PAD MOUNTED 3-PHASE
DADES GENERALS	
<ul style="list-style-type: none"> • Quantitat: 2 • Connexió primari (MT): estrella amb posada a terra • Connexió secundari (BT): estrella 	
ESPECIFICACIONS	
<ul style="list-style-type: none"> • Dimensions: 92 x 114 x 92in • Transformador en balsa d'oli • Tensió nominal del primari de 34500 V • Tensió nominal del secundari de 480 V • Potencia del transformador de 2.75 MVA 	
RECANVIS NECESSARIS	

Proposta de Pla de Manteniment Preventiu d'una planta fotovoltaica de 5 MW
situada a l'estat de Nova York

A I.1.6 Sistema SCADA

FITXA TÈCNICA	
EQUIP	SISTEMA SCADA
CODIFICACIÓ	GPM-SCADA
Nre SÈRIE	--
FABRICANT	<i>Green Power Monitor</i> CONTACTE --
MODEL	GPM Base Station
DADES GENERALS	
<ul style="list-style-type: none"> • Quantitat: 1 • Font d'alimentació: 24 V_{DC} • Bateria interna • Espai per al muntatge dels equips d'Ingeteam 	
ESPECIFICACIONS	
<ul style="list-style-type: none"> • Recinte: PLM 86 IP 54 • Ordinador industrial Moxa UC8112 • IOLOGIK E1210, amb 16 entrades per als 2 transformadors (6 cadascun) • Font d'alimentació de 24 V CC, SAI • Bateria de 24V 7.2Ah • Commutador no controlat MOXA EDS-316 (16 ports) • Emmagatzematge de dades de còpia de seguretat de 16 GB • IOLOGIK 1260, per a la lectura del sensor PT1000 • 1 NPORT 5232-I, amb 2 ports rs485, per als 2 mesuradors • 1 NPORT 5232-I, amb 2 ports rs485, per a l'estació meteorològica • 1 NPORT 5232-I per a la monitorització • 1 router Cradlepoint IBR650B-LP4 amb 1 any de dades 	
RECANVIS NECESSARIS	
<ul style="list-style-type: none"> • Moxa UC8112 (Ordinador industrial) • IOLOGIK E1210 • IOLOGIK 1260 (per a la lectura del sensor PT1000) • Bateria de 24V 7.2Ah • NPORT 5232-I (per als mesuradors, l'estació meteorològica o la monitorització) 	

A I.1.7 Estació meteorològica

FITXA TÈCNICA	
EQUIP	ACTINÒMETRE
CODIFICACIÓ	WS-Pyr
Nre SÈRIE	--
FABRICANT	Hukseflux CONTACTE --
MODEL	SR30
DADES GENERALS	
<ul style="list-style-type: none"> • Cable de 20m inclòs 	
ESPECIFICACIONS	
<ul style="list-style-type: none"> • Ventilació i calefacció interna (re-circulant) • Consum de potència < 2.3 W a 12 V_{DC} • Rang espectral entre 285 nm i 3000 nm • Temperatura de funcionament entre -40°C i +80°C • Tensió d'eixida entre 5 i 30 V_{DC} 	
RECANVIS NECESSARIS	
<ul style="list-style-type: none"> • Actinòmetre 	

Proposta de Pla de Manteniment Preventiu d'una planta fotovoltaica de 5 MW
situada a l'estat de Nova York

FITXA TÈCNICA	
EQUIP	SENSORS
CODIFICACIÓ	WS-Sensors
Nre SÈRIE	--
FABRICANT	LUFFT CONTACTE --
MODEL	WS501
DADES GENERALS	
<ul style="list-style-type: none"> • Sensors inclosos: <ul style="list-style-type: none"> ○ Irradiació horitzontal ○ Temperatura ○ Humitat ○ Pressió atmosfèrica ○ Direcció i velocitat del vent (ultrasònic) ○ Sensor de pluja WTB100 ○ Sensor de temperatura PT1000 (superfície) 	
ESPECIFICACIONS	
<ul style="list-style-type: none"> • Alimentació de 4 a 32 V_{DC} • Rang de temperatures d'operació: -50...+60°C • Temperatura: <ul style="list-style-type: none"> ○ NTC ○ Entre -50°C i +60°C • Humitat relativa: <ul style="list-style-type: none"> ○ Capacitiva ○ Entre 0 i 100% RH • Pressió atmosfèrica: <ul style="list-style-type: none"> ○ Capacitiva NEMS ○ Entre 300 i 1200 hPa • Direcció del vent: <ul style="list-style-type: none"> ○ Ultrasònica ○ Entre 0 i 359.9º • Velocitat del vent: <ul style="list-style-type: none"> ○ Ultrasònica ○ Entre 0 i 75 m/s • Radiació solar: <ul style="list-style-type: none"> ○ Espectre entre 300 nm i 2800 nm ○ Mesura entre 0 i 2000 W/m² ○ Azimut entre -10º i 10º 	
RECANVIS NECESSARIS	

A I.1.8 Cablejat elèctric de baixa tensió (*Array*)

FITXA TÈCNICA	
EQUIP	CABLE BAIXA TENSIÓ (<i>Array</i>)
CODIFICACIÓ	LV-INPy-CBx
Nre SÈRIE	--
FABRICANT	<i>General Cable</i> CONTACTE
MODEL	SunGen® Photovoltaic Wire 2000 V
DADES GENERALS	
<ul style="list-style-type: none"> • Conductor simple de coure • Tipus RHW-2 	
ESPECIFICACIONS	
<ul style="list-style-type: none"> • Secció cable: 8 AWG / 10 AWG 	
RECANVIS NECESSARIS	
<ul style="list-style-type: none"> • Connector simple MC4 • Connector d'<i>string</i> MC4 • Fusibles d'<i>string</i> dels connectors 	

A I.1.9 Cablejat elèctric de baixa tensió (*Equipment Pad*)

FITXA TÈCNICA	
EQUIP	CABLE BAIXA TENSIÓ (<i>Equipment Pad</i>)
CODIFICACIÓ	LV-CBx-INVr
Nre SÈRIE	--
FABRICANT	<i>General Cable</i> CONTACTE
MODEL	SunGen [®] Photovoltaic Wire 2000 V
DADES GENERALS	
<ul style="list-style-type: none"> • Conductor simple d'alumini • Tipus RHW-2 	
ESPECIFICACIONS	
<ul style="list-style-type: none"> • Secció del cable: 600 KCMIL • Secció del cable de posada a terra: 3 AWG 	
RECANVIS NECESSARIS	

A I.1.10 Cablejat elèctric de mitja tensió

FITXA TÈCNICA	
EQUIP	CABLE MITJA TENSÍO
CODIFICACIÓ	MV-COND
Nre SÈRIE	--
FABRICANT	Okonite CONTACTE
MODEL	Okoguard [®] URO-J 35kV Underground Primary Distribution
DADES GENERALS	
<ul style="list-style-type: none"> • Conductor d'alumini 90°C 	
ESPECIFICACIONS	
<ul style="list-style-type: none"> • Secció del cable fase: 3/0 AWG Full Neutral (aïllament URD) y 3/0 AWG (cable ACSR) • Secció del cable neutre: 16x12 AWG • Secció del cable de posada a terra: 1/0 AWG 	
RECANVIS NECESSARIS	
<ul style="list-style-type: none"> • Fusibles per a pal de mitja tensió (1 SET = 3 fusibles) 	

A I.1.11 Cable de comunicació

FITXA TÈCNICA	
EQUIP	CABLE COMUNICACIÓ
CODIFICACIÓ	E-CBx-INPy / E-INVr
Nre SÈRIE	--
FABRICANT	-- CONTACTE
MODEL	Cable estàndard <i>Ethernet</i>
DADES GENERALS	
<ul style="list-style-type: none">• Categoria: CAT 6a	
ESPECIFICACIONS	
RECANVIS NECESSARIS	

A I.2 Gammes de Manteniment

A I.2.1 Gamma de Manteniment d'operació anual

GAMMA DE MANTENIMENT			
		CODI GAMMA	
ESPECIALITAT	OPERACIÓ	GMP - 001	
FREQÜÈNCIA	ANUAL		
TÈCNIC	CONTACTE		
HORA D'INICI	10:00		
DURADA (hores)	3 hores		
SISTEMA	EQUIP	TASCA	OBSERVACIONS
RECINTE	TANCA PERIMETRAL	Inspecció visual del tancat per detectar signes de danys i intrusió. Revisió de l'estat de les senyalitzacions.	
RECINTE	CAMINS D'ACCÉS	Inspecció visual dels camins i manteniment del defectes que dificulten l'accés de vehicles.	
RECINTE	ELEMENTS CONTRA INCENDIS	Inspecció visual dels extintors i altres elements contra incendis.	
MÒDULS FV	ESTRUCTURES	Inspecció visual per detectar signes de danys a les estructures dels mòduls FV. Anotació de la localització i el nre. de sèrie dels elements danyats.	Notificació immediata al departament de manteniment.
MÒDULS FV	MÒDULS	Inspecció visual del 25% del mòduls instal·lats per identificar danys, acumulació de brutícia, delaminacions, decoloració i punts calents.	Divisió de la planta en 4 àrees del 25%, inspecció del 100% al cap de 4 anys. Notificar dels problemes sistemàtics per a programar el manteniment correctiu i programar neteja en cas d'excés de brutícia.

Proposta de Pla de Manteniment Preventiu d'una planta fotovoltaica de 5 MW
situada a l'estat de Nova York

CABLEJAT ELÉCTRIC DE BAIXA TENSIÓ	CABLE ELÉCTRIC DE BAIXA TENSIÓ	Inspecció visual per determinar defectes d'aïllament i desconnexions.	
CABLEJAT ELÉCTRIC DE BAIXA TENSIÓ	ELEMENTS DE PROTECCIÓ DC (diversos equips)	Inspecció visual de la posició dels commutadors.	Neteja superficial en cas de brutícia acumulada.
CABLEJAT ELÉCTRIC DE BAIXA TENSIÓ	ELEMENTS DE PROTECCIÓ AC (diversos equips)	Inspecció visual de la posició dels commutadors i interruptors.	Neteja superficial en cas de brutícia acumulada.
<i>STRING COMBINER BOX</i>	<i>STRING COMBINER BOX</i>	Inspecció visual de l'estat general de l' <i>String Combiner Box</i> i les connexions elèctriques per determinar danys .	Neteja superficial en cas de brutícia acumulada.
INVERSORS	INVERSOR	Inspecció visual del l'estructura de l'inversor i les connexions elèctriques per determinar danys brutícia, corrosió i acumulacions d'aigua. Revisió dels indicadors operacionals per a verificar el correcte funcionament de l'inversor	Neteja superficial en cas de brutícia acumulada.
TRANSFORMADORS	TRANSFORMADOR	Inspecció visual de l'estat general del transformador, l'oli, els sensors de temperatura i les connexions elèctriques per determinar danys o brutícia.	Neteja superficial en cas de brutícia acumulada.
TRANSFORMADORS	DISSIPADOR DE CALOR	Inspecció visual de l'estat general del dissipador de calor i el seu funcionament.	Neteja superficial en cas de brutícia acumulada.

A I.2.2 Gamma de Manteniment d'operació semestral

GAMMA DE MANTENIMENT			
		CODI GAMMA	
ESPECIALITAT	OPERACIÓ	GMP - 002	
FREQÜÈNCIA	SEMESTRAL		
TÈCNIC	CONTACTE		
HORA D'INICI	8:00		
DURADA (hores)	2 hores		
SISTEMA	EQUIP	TASCA	OBSERVACIONS
RECINTE	GENERAL	<p>Neteja del sòl de la instal·lació i control del creixement de la vegetació que puga afectar a l'operació del mòduls.</p> <p>Eliminació de la brutícia acumulada als col·lectors i canaletes.</p>	
RECINTE	GENERAL	<p>Revisió de l'estat de la tanca per localitzar punts d'accés de la fauna salvatge.</p> <p>Comprovació de les estructures i altres àrees per localitzar nius d'ocells i rosegadors.</p>	
INSTRUMENTACIÓ	SISTEMA SCADA	Inspecció visual del sistema SCADA i actualització del <i>software</i> o <i>hardware</i> si és necessari.	
INSTRUMENTACIÓ	ESTACIÓ METEOROLÒGICA	Inspecció visual dels sensors i neteja en cas de ser necessari.	

A I.2.3 Gamma de Manteniment elèctrica anual

GAMMA DE MANTENIMENT			
		CODI GAMMA	
ESPECIALITAT	ELÈCTRICA	GMP - 003	
FREQÜÈNCIA	ANUAL		
TÈCNIC	CONTACTE		
HORA D'INICI	8:00		
DURADA (hores)	3 hores		
SISTEMA	EQUIP	TASCA	OBSERVACIONS
MÒDULS FV	MÒDULS (<i>Strings</i>)	Verificació de la tensió en circuit obert en els cables d' <i>String</i> dels mòduls	
CABLEJAT ELÈCTRIC	POSADA A TERRA (Baixa tensió i mitja tensió)	Verificació del sistema de posada a terra utilitzant un "megger"	
INVERSORS	INVERSOR	Inspecció i revisió de l'estat dels fusibles i les connexions elèctriques.	
CABLEJAT ELÈCTRIC DE BAIXA TENSÍO	ELEMENTS DE PROTECCIÓ (DC I AC)	Verificació de l'estat dels elements de protecció mitjançant l'operació d'aquests	
<i>STRING COMBINER BOX</i>	<i>STRING COMBINER BOX</i>	Verificació mitjançant mesuraments el funcionament elèctric de l' <i>String Combiner Box</i>	
INVERSORS	INVERSOR	Verificació de la intensitat i tensió d'eixida i entrada i comprovació dels valors utilitzant els de referència.	
INVERSORS	INVERSOR	Verificació de l'estat del elements de protecció i les connexions elèctriques mitjançant imatges tèrmiques.	

Proposta de Pla de Manteniment Preventiu d'una planta fotovoltaica de 5 MW
situada a l'estat de Nova York

TRANSFORMADORS	TRANSFORMADOR	Verificació de l'estat del elements de protecció i les connexions elèctriques mitjançant imatges tèrmiques.	
INSTRUMENTACIÓ	SISTEMA SCADA	Revisió de les connexions de comunicació dels diferents equips	
INSTRUMENTACIÓ	ESTACIÓ METEOROLÒGICA	Revisió de les connexions dels diferents cables de comunicació	

A I.2.4 Gamma de Manteniment mecànica anual

GAMMA DE MANTENIMENT			
		CODI GAMMA	
ESPECIALITAT	MECÀNICA	GMP - 004	
FREQÜÈNCIA	ANUAL		
TÈCNIC	CONTACTE		
HORA D'INICI	8:00		
DURADA (hores)	2 hores		
SISTEMA	EQUIP	TASCA	OBSERVACIONS
MÒDULS FV	MÒDULS	Verificació de la presència de punts calents (falla del díode de <i>bypass</i>) utilitzant una càmera d'infrarojos.	
<i>STRING COMBINER BOX</i>	<i>STRING COMBINER BOX</i>	Revisió i re-ajustament de totes les connexions elèctriques.	
CABLEJAT ELÈCTRIC DE BAIXA TENSÍO	CABLES ELÈCTRICS DE BAIXA TENSÍO (AC)	Comprovació i re-ajustament de totes les connexions elèctriques dels cables d'AC.	
CABLEJAT ELÈCTRIC DE MITJA TENSÍO	CABLES ELÈCTRICS DE MITJA TENSÍO	Revisió i re-ajustament de totes les connexions elèctriques.	

Proposta de Pla de Manteniment Preventiu d'una planta fotovoltaica de 5 MW
situada a l'estat de Nova York

A I.2.5 Gamma de Manteniment elèctrica 5-anys

GAMMA DE MANTENIMENT			
		CODI GAMMA	
ESPECIALITAT	ELÈCTRICA	GMP - 005	
FREQÜÈNCIA	5-ANYS		
TÈCNIC	CONTACTE		
HORA D'INICI	8:00		
DURADA (hores)	4 hores		
SISTEMA	EQUIP	TASCA	OBSERVACIONS
MÒDULS FV	MÒDULS	Verificació dels valors de tensió, intensitat i potència d'aquells mòduls que presenten danys	
MÒDULS FV	MÒDULS	Revisió de les connexions elèctriques dels mòduls fotovoltaics	
INVERSORS	INVERSOR	<p><u>Proves d'operació:</u></p> <p>Mesurar la llum solar incident i simultàniament observar la temperatura i l'energia de sortida.</p> <p>Calcular l'eficiència de l'inversor en funció de la temperatura i calcular l'eficiència d'equilibri del sistema.</p> <p>Comparar els resultats amb els valors de referència (eficiència original del sistema)</p>	

Proposta de Pla de Manteniment Preventiu d'una planta fotovoltaica de 5 MW
situada a l'estat de Nova York

A I.2.6 Gamma de Manteniment mecànica 5-anys

GAMMA DE MANTENIMENT			
		CODI GAMMA	
ESPECIALITAT	MECÀNICA	GMP - 006	
FREQÜÈNCIA	5-ANYS		
TÈCNIC	CONTACTE		
HORA D'INICI	8:00		
DURADA (hores)	2 hores		
SISTEMA	EQUIP	TASCA	OBSERVACIONS
MÒDULS FV	ESTRUCTURES	Re-ajustament de les peces d'acoblament dels mòduls.	
MÒDULS FV	MÒDULS	Re-ajustament de les connexions elèctriques.	

A I.2.7 Gamma de Manteniment d'operació 5-anys

GAMMA DE MANTENIMENT			
		CODI GAMMA	
ESPECIALITAT	OPERACIÓ	GMP - 007	
FREQÜÈNCIA	5-ANYS		
TÈCNIC	CONTACTE		
HORA D'INICI	8:00		
DURADA (hores)	1 hora		
SISTEMA	EQUIP	TASCA	OBSERVACIONS
MÒDULS FV	ESTRUCTURES	Inspecció visual de l'estat de les peces d'acoblament dels mòduls	
MÒDULS FV	MÒDULS	Inspecció visual de l'estat de les connexions elèctriques dels mòduls	
INVERSORS	INVERSOR	Instal·lació de les actualitzacions de <i>software</i>	Màxim cada 5 anys, la instal·lació es farà en el moment que les actualitzacions estiguen disponibles

A I.3 Planificadors

A continuació, es mostren els calendaris elaborats per al primer any de funcionament de la planta, de l'1 d'octubre de 2019 al 30 de setembre de 2020, segons l'equip en el qual es faran les tasques.

Per comprendre millor els planificadors:

- Les tasques indicades en color taronja indiquen les tasques semestrals
- Les indicades en verd les semestrals
- Les indicades en blau les tasques a executar cada 5 anys
- Aquelles amb una trama diferent (ratlles) indiquen que no s'executaran durant el primer any de funcionament al que fan referència aquests planificadors.

A I.3.1 Planificador de les tasques del recinte

PLANIFICADOR OCTUBRE 2019 - SETEMBRE 2020																											
COD.	TASCA	HORA	oct-19		nov-19		dic-19		ene-20		feb-20		mar-20		abr-20		may-20		jun-20		jul-20		ago-20		sep-20		
			1	15	1	15	1	15	1	15	1	14	1	15	1	15	1	15	1	15	1	15	1	15	1	15	
RECINTE	Inspecció de la tanca perimetral i revisió de les senyalitzacions	10:00																									
RECINTE	Inspecció dels camins d'accés	10:00																									
RECINTE	Inspecció dels elements contra incendis	10:00																									
RECINTE	Neteja general	8:00																									
RECINTE	Control de la fauna salvatge	8:00																									

A I.3.2 Planificador de les tasques per als mòduls

PLANIFICADOR OCTUBRE 2019 - SETEMBRE 2020																											
COD.	TASCA	HORA	oct-19		nov-19		dic-19		ene-20		feb-20		mar-20		abr-20		may-20		jun-20		jul-20		ago-20		sep-20		
			1	15	1	15	1	15	1	15	1	14	1	15	1	15	1	15	1	15	1	15	1	15	1	15	1
RK-ROW[1-32]	Inspecció de les estructures dels mòduls	10:00																									
RK-ROW[33-78]	Inspecció de les estructures dels mòduls	10:00																									
M-ROW[1-20]-U	Inspecció dels mòduls (25%)	10:00																									
M-ROW[1-20]-L	Inspecció dels mòduls (25%)	10:00																									
M-ROW[1-32]-U	Comprovació de la tensió en els cables d' <i>string</i> (circuit obert)	8:00																									
M-ROW[1-32]-L	Comprovació de la tensió en els cables d' <i>string</i> (circuit obert)	8:00																									
M-ROW[33-78]-U	Comprovació de la tensió en els cables d' <i>string</i> (circuit obert)	8:00																									
M-ROW[33-78]-L	Comprovació de la tensió en els cables d' <i>string</i> (circuit obert)	8:00																									
M-ROW[1-32]-U	Comprovació de punts calents	8:00																									
M-ROW[1-32]-L	Comprovació de punts calents	8:00																									
M-ROW[33-78]-U	Comprovació de punts calents	8:00																									
M-ROW[33-78]-L	Comprovació de punts calents	8:00																									
RK-ROW[1-78]	Inspecció dels acoblaments de les estructures	8:00																									

A I.3.3 Planificador de les tasques per als *String Combiner Box*

PLANIFICADOR OCTUBRE 2019 - SETEMBRE 2020																												
COD.	TASCA	HORA	oct-19		nov-19		dic-19		ene-20		feb-20		mar-20		abr-20		may-20		jun-20		jul-20		ago-20		sep-20			
			1	15	1	15	1	15	1	15	1	14	1	15	1	15	1	15	1	15	1	15	1	15	1	15	1	15
CB[1-28](11/12)	Inspecció de l'estat general i les connexions elèctriques de l' <i>String Combiner Box</i>	10:00																										
CB[1-28](11/12)	Comprovació del funcionament elèctric de l' <i>String Combiner Box</i> (mesuraments)	8:00																										
CB[1-28](11/12)	Comprovació de l'estat i re-ajustament de les connexions elèctriques	8:00																										

A I.3.4 Planificador de les tasques per als inversors

PLANIFICADOR OCTUBRE 2019 - SETEMBRE 2020																											
COD.	TASCA	HORA	oct-19		nov-19		dic-19		ene-20		feb-20		mar-20		abr-20		may-20		jun-20		jul-20		ago-20		sep-20		
			1	15	1	15	1	15	1	15	1	14	1	15	1	15	1	15	1	15	1	15	1	15	1	15	
INV[1-4]	Inspecció general de l'inversor i les connexions elèctriques Revisió dels indicadors operacionals	10:00																									
INV[1-4]	Revisió de l'estat dels fusibles i les connexions elèctriques	8:00																									
INV[1-4]	Revisió dels fusibles i les connexions elèctriques	8:00																									
INV[1-4]	Verificació de les intensitats i tensions de l'inversor	8:00																									
INV[1-4]	Verificació de l'estat dels elements de protecció i les connexions elèctriques amb càmera d'infrarojos	8:00																									
INV[1-4]	Proves d'operació	8:00																									
INV[1-4]	Instal·lació de <i>software</i>	8:00																									

A I.3.5 Planificador de les tasques per als transformadors

PLANIFICADOR OCTUBRE 2019 - SETEMBRE 2020																												
COD.	TASCA	HORA	oct-19		nov-19		dic-19		ene-20		feb-20		mar-20		abr-20		may-20		jun-20		jul-20		ago-20		sep-20			
			1	15	1	15	1	15	1	15	1	14	1	15	1	15	1	15	1	15	1	15	1	15	1	15	1	15
TF[1-2]	Inspecció general del transformador i les connexions elèctriques	10:00																										
TF[1-2] (Dissipador de calor)	Inspecció del dissipador de calor	10:00																										
TF[1-2]	Verificació de l'estat dels elements de protecció i les connexions elèctriques amb càmera d'infrarojos	8:00																										

A I.3.7 Planificador de les tasques per a l'estació meteorològica

PLANIFICADOR OCTUBRE 2019 - SETEMBRE 2020																										
COD.	TASCA	HORA	oct-19		nov-19		dic-19		ene-20		feb-20		mar-20		abr-20		may-20		jun-20		jul-20		ago-20		sep-20	
			1	15	1	15	1	15	1	15	1	14	1	15	1	15	1	15	1	15	1	15	1	15	1	15
WS-Pyr	Inspecció de l'actinòmetre	10:00																								
WS-Sensors	Inspecció dels diferents sensors	10:00																								
E-Pyr	Revisió del cable de comunicació	8:00																								
E-Sensors	Revisió del cable de comunicació	8:00																								

A I.3.8 Planificador de les tasques per al cablejat elèctric

PLANIFICADOR OCTUBRE 2019 - SETEMBRE 2020																												
COD.	TASCA	HORA	oct-19		nov-19		dic-19		ene-20		feb-20		mar-20		abr-20		may-20		jun-20		jul-20		ago-20		sep-20			
			1	15	1	15	1	15	1	15	1	14	1	15	1	15	1	15	1	15	1	15	1	15	1	15	1	15
LV-STRz-INPy-CBx LV-INPy-CBx LV-CBx-INVr (x[1-28]; y[1-12]; z[1-2]; r[1-4])	Inspecció per detectar defectes d'aïllament i desconexions	10:00																										
CB[1-28](11/12) INV[1-4]	Inspecció dels elements de protecció DC	10:00																										
INV[1-4]	Inspecció dels elements de protecció AC	10:00																										
CB[1-28](11/12) INV[1-4]	Verificació dels elements de protecció	8:00																										
CB[1-28](11/12) INV[1-4] TF[1-2]	Verificació del sistema de posada a terra	8:00																										
INV[1-4]	Revisió i re-ajustament de les connexions elèctriques	10:00																										
TF[1-2]	Revisió i re-ajustament de les connexions elèctriques	10:00																										

A I.4 Exemple d'Ordre de Manteniment d'un inversor

ORDRE DE MANTENIMENT			
		Nre ORDRE	
EQUIP	INV3	OM-001	
MANTENIMENT	<input type="checkbox"/> INTERN <input checked="" type="checkbox"/> EXTERN		
ESPECIALITAT	ELÈCTRICA		
TÈCNIC	--	CONTACTE	
DATA REALITZACIÓ	09/23/2020		
DESCRIPCIÓ DEL TREBALL			
<ul style="list-style-type: none"> • Apertura del "refugi" de l'inversor 3 • Inspecció tèrmica de l'inversor 3 • Desconnexió de l'inversor 3 • Revisió manual de l'estat dels fusibles y les connexions elèctriques provinents dels <i>String Combiner Box</i> • Revisió manual de l'estat de les connexions i els elements de protecció en AC • Re-ajustament de les connexions febles detectades durant la inspecció tèrmica • Re-connexió de l'inversor 3 • Segona inspecció tèrmica de l'inversor 3 • Tancament del refugi de l'inversor 3 • Anotació dels resultats i observacions del manteniment 			
MATERIALS			
<ul style="list-style-type: none"> • Equips de protecció individual (EPI): <ul style="list-style-type: none"> • Guants • Botes amb sola aïllant o dielèctrica • Càmera d'infrarojos 			
RESULTATS I OBSERVACIONS			
<ul style="list-style-type: none"> • Bon estat dels fusibles, els elements de protecció i el cablejat elèctric a les connexions • Detecció de connexions febles a les entrades DC provinents dels CB14-11 i CB15-11 • Es recomana una revisió de l'estat d'aquestes connexions durant els pròxims 3 mesos 			
SIGNATURA ENCARREGAT DEL MANTENIMENT		SIGNATURA CAP DE DEPARTAMENT DE MANTENIMENT	
NOM	--	NOM	--
DATA D'APROVACIÓ DEL TREBALL A REALITZAR		DATA D'APROVACIÓ DEL TREBALL REALITZAT	
09/20/2020		09/24/2020	